

**Maria Teresa Maltez
Cardoso Ribeiro**

**A Linguagem na Construção de Conhecimento em
Trabalho Experimental Laboratorial: Um Estudo sobre
a Actividade Enzimática com Alunos do 10º Ano.**

**Maria Teresa Maltez
Cardoso Ribeiro**

**A Linguagem na Construção de Conhecimento em
Trabalho Experimental Laboratorial: Um Estudo
sobre a Actividade Enzimática com Alunos do 10º Ano.**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para
cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de
Mestre em Ensino de Geologia e Biologia, realizada sob a
orientação científica da Doutora Teresa Oliveira, Professora
Auxiliar da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

O júri
presidente

Prof. Doutor António Augusto Soares de Andrade
Professor Associado da Universidade de Aveiro

Prof. Doutora Cecília Galvão
Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Prof. Doutora Maria Teresa Morais de Oliveira
Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Agradecimentos

À minha Orientadora, Prof. Doutora Maria Teresa Oliveira cujos inestimáveis conselhos e valiosa colaboração apoiaram de forma decisiva a consecução deste trabalho.

Ao Prof. Doutor Luís Marques que, na pessoa de Coordenador do Mestrado, manifestou grande disponibilidade em responder às solicitações que lhe foram feitas.

À Mestre em Estudos Portugueses Inês Braga e à professora de CTV dos alunos envolvidos na investigação, Licenciada Célia Fernandes pela validação dos questionários administrados.

À minha Escola Secundária pelo esforço desenvolvido em compatibilizar os trabalhos escolares com a frequência deste Mestrado. Aos alunos envolvidos no estudo pela sua colaboração.

À Mestre Margarida Morgado pelas discussões havidas ao longo deste percurso.

A meus Tios que viveram solidariamente estes longos momentos de reflexão pessoal e de elaboração do trabalho.

Resumo

O presente estudo debruça-se sobre o papel das perguntas orientadoras em trabalho experimental laboratorial, tendo o estudo empírico sido realizado durante a leccionação da unidade “Enzimas” da disciplina de Técnicas Laboratoriais de Biologia I, no 10º Ano de Escolaridade. Pretende-se analisar se, em actividades experimentais de cariz construtivista, as perguntas orientadoras podem constituir-se em instrumento privilegiado da construção do conhecimento, levando a uma efectiva melhoria da aprendizagem a nível conceptual-processual e atitudinal. Nesta investigação é comparada a aprendizagem obtida através da realização de um exercício prático, efectuado segundo um protocolo tradicional, com a obtida numa actividade experimental de pesquisa, semi-autónoma, apoiada por perguntas orientadoras. O estudo baseia-se na análise das respostas dadas aos questionários administrados, prévia e posteriormente à leccionação da unidade didáctica, e na análise dos relatórios escritos elaborados pelos grupos, sobre os dois trabalhos laboratoriais, no que respeita à construção de conhecimento conceptual-processual e atitudinal.

Os resultados sugerem que há efectivamente alteração de atitudes e alguma evolução no que concerne à construção do conhecimento sobre enzimas. As perguntas orientadoras permitem uma melhor concepção do trabalho, uma melhor articulação dos conhecimentos desenvolvidos nas suas diversas etapas e uma correcção parcial dos erros conceptuais-processuais efectuados, levando a uma melhor elaboração do modelo sobre enzimas, em alguns casos. Há ainda alteração de atitudes que se traduzem numa maior reflexão sobre o trabalho, em algumas etapas em que esta é necessária.

São ainda evidenciadas as dificuldades dos alunos em trabalhar experimentalmente com modelos biológicos.

São ainda apresentadas algumas implicações educacionais, decorrentes da investigação efectuada, e indicadas algumas limitações do estudo.

Abstract

The study aims to analyse the role of “guidance questions” in the development of an effective experimental work in the science laboratory. The empirical study was carried out in a secondary school – 10th year of schooling – about enzymes content, integrated in “Técnicas Laboratoriais de Biologia I (TLBI)” discipline. More specifically the study, based on construtivism, intends to analyse if the “guidance questions” in students experimental activities are a main tool for the construction of conceptual / proceeding knowledge and for the attitudinal change.

The study evaluates the learning attained through a traditional protocol of experimental work and trough a half-autonomous protocol with “guidance questions”. Data was collected by two questionnaires administered before and after the study of enzymes and the rapport about the experimental work written by the groups of students.

The results suggest that the students attitudes changed but the construction of conceptual / proceeding knowledge only a low evolution were verified.

The “guidance questions” increased the planning of experimental work activities by the students, namely the articulation between the different steps of the work and a partial improvement of the understanding of the biological enzymes model. Also, the reflection about experimental work increased. In the study the students’ difficulties towards experimental work about biological models were identified.

Some educational implications and study limitations are presented.

ÍNDICE

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	1
1. O Problema em Estudo.....	2
2. Finalidade da Investigação.....	3
3. Objectivos da Investigação e Hipóteses de Trabalho.....	3
3.1. Definição dos Objectivos.....	3
3.2. Hipóteses de Trabalho.....	5
4. Plano do Trabalho.....	5
4.1. Administração do 1º Questionário.....	5
4.2. Implementação da 1ª Actividade de Experimentação.....	5
4.3. Implementação da 2ª Actividade de Experimentação.....	6
4.4. Administração de Perguntas de Resposta Aberta relativas à 2ª Actividade de Experimentação.....	6
4.5. Administração do 2º Questionário.....	6
5. Estrutura da Dissertação.....	7
6. Apresentação dos Documentos Utilizados na Investigação.....	8
 CAPÍTULO II – QUADRO TEÓRICO.....	 9
Introdução.....	9
1. A Construção do Conhecimento segundo Diferentes Perspectivas sobre o Ensino e a Aprendizagem. Caracterização do Papel Atribuído ao Questionamento em Trabalho Prático.....	9
1.1. Do Ensino por Transmissão ao Ensino por Descoberta.....	9
1.1.1. Perspectiva do Ensino por Transmissão.....	10
1.1.2. Perspectiva do Ensino por Descoberta.....	10
1.2. Orientações Construtivistas do Ensino e da Aprendizagem: da Construção de Conhecimento segundo Ausubel à Perspectiva de Ensino por Mudança Conceptual.....	12
1.2.1. A Construção de Conhecimento segundo Ausubel.....	12
1.2.2. Perspectiva por Mudança Conceptual.....	15
1.3. Novas Perspectivas Construtivistas de Ensino e de Aprendizagem das	

Ciências: o Ensino por Investigação Dirigida e o Ensino por Modelos.....	19
1.3.1. O Ensino por Investigação Dirigida.....	19
1.3.2. A Construção de Conhecimento Científico Escolar segundo o Ensino por Modelos.....	22
1.4. A Resolução de Problemas, de acordo com as Novas Perspectivas Construtivistas.....	28
2. O Ensino e a Aprendizagem na Escola Actual, de acordo com as Novas Concepções de Ciência, de Cognição e de Aprendizagem.....	30
2.1. A Evolução do Modelo de Ciência e a Construção do Conhecimento Escolar.....	31
2.2. O Novo Conceito de Racionalidade Científica, de acordo com as Ciências Cognitivas.....	32
2.3. As Novas Orientações sobre o Ensino e a Aprendizagem.....	32
3. A Linguagem como Modeladora da Construção de Conhecimento em Trabalho Experimental.....	33
3.1. A Linguagem na Construção de Modelos em Trabalho Experimental Laboratorial.....	34
3.2. A Construção de Modelos segundo Lemke.....	36
3.2.1. O Desenvolvimento de Significado Comum durante a Construção de Sistemas Conceptuais.....	37
3.2.2. O Uso da Linguagem em Trabalho Laboratorial.....	39
4. Utilização do Trabalho Prático no Ensino e na Aprendizagem das Ciências..	40
4.1. Distinção entre Trabalho Prático e Experimental - Tipologia dos Trabalhos Práticos de acordo com os Objectivos da Actividade.....	41
4.1.1. O que se Pretende com o Trabalho Prático Laboratorial.....	41
4.1.2. Tipologia dos Trabalhos Práticos Laboratoriais.....	45
4.2. O que se Tem Obtido com o Trabalho Prático Laboratorial.....	46
4.3. Como se Pode Desenvolver o Trabalho Prático Laboratorial ?.....	48
4.3.1. Reformular as Actividades Práticas.....	49
4.4. Níveis de Investigação dos Trabalhos Práticos.....	53
5. Súmula do Quadro Teórico.....	55

CAPÍTULO III – METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO.....	59
Introdução.....	59
1. Opções Metodológicas.....	59
2. Contexto da Investigação.....	60
2.1. Caracterização da Escola.....	60
2.1.1. Recursos Humanos e Materiais Disponíveis para a Leccionação de TLBI.....	61
2.2. Caracterização da Turma no início do Ano Lectivo de 1999/2000.....	61
2.2.1. Meio Familiar e Sócio-económico.....	61
2.2.2. Perfil de Interesses dos Alunos.....	62
2.2.3. Percurso Escolar.....	62
2.2.4. Currículo Programático.....	62
2.2.5. Classificações Obtidas pelos Alunos.....	63
3. Actividades de Experimentação.....	66
3.1. Objectivos e Hipóteses de Trabalho das Actividades de Experimentação.....	67
3.2. Caracterização da 1ª Actividade de Experimentação – Realização de um Exercício Prático.....	
3.3. Caracterização da 2ª Actividade de Experimentação – Realização de uma Investigação Dirigida, Semi-autónoma.....	69
4. Descrição dos Instrumentos de Investigação Utilizados.....	74
4.1. Questionários.....	74
4.1.1. Construção das Perguntas dos 1º e 2º Questionários.....	74
4.1.2. Objectivos e Hipóteses Correspondentes às Perguntas que Integram o 1º e o 2º Questionários.....	76
4.1.3. Validação, Aferição e Administração dos Questionários.....	78
4.2. Relatórios.....	79
4.3. Duas Séries de Perguntas sobre o 2º Trabalho Experimental Laboratorial.....	80
5. Tratamento dos Dados.....	81
5.1. Critérios de Análise dos 1º e 2º Questionários.....	82
5.2. Critérios de Análise dos Relatórios.....	82
5.2.1. Relatório sobre o 1º Trabalho Experimental Laboratorial.....	82
5.2.2. Relatório sobre o 2º Trabalho Experimental Laboratorial.....	83

5.3. Critérios de Análise de Duas Séries de Perguntas relativas à 2ª Actividade de Experimentação.....	84
CAPÍTULO IV – RESULTADOS	85
Introdução.....	85
Análise Comparativa dos 1º e 2º Questionários.....	85
? Análise das Perguntas de Resposta Aberta sobre as Actividades Lectivas.....	85
? Análise das Perguntas Fechadas de Escolha Múltipla.....	91
? Análise das Perguntas de Resposta Aberta do 1º Questionário sobre a Escrita no Trabalho Experimental Laboratorial.....	102
? Análise da Pergunta Aberta do 2º Questionário sobre a Escrita no Trabalho Experimental Laboratorial.....	106
Análise do Relatório sobre o 1º Trabalho Experimental Laboratorial.....	109
1. Análise do Relatório no que Respeita à Elaboração e Articulação pelos Alunos das Seguintes Secções.....	111
1.1. Introdução Teórica.....	111
1.1.1. Exposição do Problema.....	111
1.1.2. Contextualização Teórica – Análise dos Principais Conceitos Elaborados em Função da Concepção e Resolução do Problema.....	112
1.1.3. Objectivo do Trabalho.....	114
1.2. Apresentação do Material e dos Métodos Utilizados.....	114
1.2.1. Listagem do Material.....	114
1.2.2. Descrição do Método.....	114
1.2.3. Referência a Princípios do Método.....	114
1.3. Interpretação dos Resultados Obtidos e Emissão de Conclusões.....	115
1.3.1. Enumeração dos Grupos que, se pronunciaram sobre a Presença ou Ausência da Reacção Química de Hidrólise - Referência à Apresentação ou Interpretação de resultados, à Discussão ou à Emissão de Conclusões sobre os Resultados Obtidos, a Nível Químico.....	115
1.3.2. Enumeração dos grupos que se pronunciaram sobre a Catálise Inorgânica e a Catálise Enzimática, - Estudo da Explicitação pelos	

Grupos da Interpretação de Resultados e Emissão de Conclusões à luz do Problema Proposto, Atendendo à Natureza Biológica das Enzimas...	115
2. Análise dos Principais Erros Cometidos na Execução do Protocolo.....	124
2.1. Erros Conceptais-Processuais referentes à Catálise pela Amilase Salivar.....	124
2.2. Erros Processuais referentes à Catálise pelo Ácido Clorídrico.....	125
3. Gráfico de Síntese sobre o 1º Relatório.	126
4. Análise da Construção da Estrutura Conceptual sobre Enzimas no 1º Trabalho Experimental Laboratorial, no que respeita à.....	127
4.1. Elaboração da Estrutura Conceptual sobre Enzimas, no Estudo da Situação Problemática.....	127
4.2. Aplicação da Estrutura Conceptual sobre Enzimas Construída na Introdução Teórica - aplicação experimental laboratorial dos conceitos estruturados, suas articulações, propriedades e características.....	129
4.3. Aplicação Experimental Laboratorial dos Conceitos Não Explicitados no Protocolo - referentes às propriedades sobre velocidade e eficácia enzimáticas, em condições óptimas de actuação.....	131
5. Discussão e Conclusões sobre a Análise do Relatório.....	132
Análise do Relatório sobre o 2ºTrabalho Experimental Laboratorial.....	135
1. Análise do Estudo do Problema e da Planificação da Actividade.....	137
1.1. Exposição do Problema.....	137
1.2. Determinação das Variáveis em Estudo.....	137
1.3. Planificação do Protocolo Experimental.....	138
1.3.1. Planificação do Tubo Controlo que Simula o que Ocorre na Boca.....	138
1.3.2. Planificação do Tubo que Simula o que Ocorre no Estômago.....	142
1.3.3. Planificação da Aplicação dos Testes da Água Iodada e do Licor de Fehling ao tubo que simula a boca e ao tubo que simula o estômago.....	144
1.3.4. Planificação Realizada pelo Grupo F.....	145
1.4. Indicação do Material a Utilizar.....	147
1.5. Elaboração da Introdução Teórica.....	147
1.6. Quadros Síntese sobre a Planificação Efectuada.....	150
1.7. Avaliação do Apoio Prestado pelas Perguntas Orientadoras da	

Planificação.....	153
2. Análise da Interpretação dos Resultados e da Emissão de Conclusões.....	153
2.1. Análise da Descrição dos Resultados Obtidos e da Respectiva Interpretação pelos Grupos.....	154
2.2. Enumeração dos Grupos que Elaboraram os diversos Itens da Interpretação de Resultados, a nível de.....	161
2.2.1. Interpretação dos Resultados Obtidos nos Testes da Água Iodada e do Licor de Fehling (incidindo na reacção química).....	161
2.2.2. Discussão dos Resultados à luz do Problema Proposto (incidindo na reacção biológica).....	161
3. Construção do Esquema Conceptual.....	162
3.1. Grupos que Tentaram Elaborar um Esquema Conceptual.....	162
3.2. Conhecimentos Conceptuais-processuais descritos pelos Grupos na Introdução Teórica e na Interpretação dos Resultados/Emissão de Conclusões, Visando a Elaboração do Esquema Conceptual.	162
3.3. Avaliação Holística dos Esquemas Conceptuais Construídos pelos diferentes Grupos.....	163
4. Gráfico de Síntese sobre os Grupos que elaboraram as Secções do Relatório.....	165
5. Análise da Discussão Posterior à Entrega do Relatório – Respostas às Perguntas Orientadoras de uma Reflexão sobre o Trabalho Efectuado.....	167
5.1. Elaboração do protocolo experimental.....	167
5.2. Execução do Protocolo.....	170
5.3. Interpretação do Trabalho Realizado.....	172
5.4. Apresentação de um Quadro sobre a Correção dos Erros Conceptuais-Processuais.....	177

Duas Séries de Perguntas de Opinião sobre o 2º Trabalho Experimental

Laboratorial.....	179
1. 1ª Série de Perguntas de Opinião sobre o Trabalho Experimental Laboratorial.....	179
1.1. Análise das respostas dos grupos sobre o que consideraram mais difícil e mais fácil na planificação.....	179
1.2. Análise das respostas dos grupos sobre o que consideraram mais difícil e mais fácil quanto à execução do trabalho.....	179
1.3. Análise da opinião dos grupos sobre o trabalho em geral.	180
2. 2ª Série de Perguntas de Opinião sobre o Trabalho Experimental Laboratorial.....	180
2.1. Análises das respostas individuais sobre o que o aluno mais gostou no 2º trabalho.....	180
2.2. Análises das respostas individuais sobre o que o aluno gostou menos.....	182
2.3. Análise das respostas individuais sobre a forma o trabalho escrito contribuiu para uma melhor aprendizagem.....	186

CAPÍTULO V – CONCLUSÕES

1. Síntese sobre os Resultados Obtidos nas 1ª e 2ª Actividades de Experimentação, Baseados nos Questionários.....	189
1.1. Comparação das Respostas Obtidas nos 1º e 2º Questionários, prévia e posteriormente à Implementação das Actividades de Experimentação.....	189
1.2. Síntese das Respostas Dadas apenas no 1º Questionário sobre o Relatório Escrito, previamente ao Desenvolvimento das Actividades de Experimentação.....	191
1.3. Síntese das Respostas Dadas, apenas no 2º Questionário, posteriormente às Actividades de Experimentação.....	192
2. Síntese sobre os Resultados Obtidos com as 1ª e 2ª Actividades de Experimentação, baseados nos Relatórios.....	192
2.1. Interpretação ou Planificação do Protocolo Experimental.....	193
2.2. Interpretação dos Resultados/Emissão de Conclusões.....	195
2.2.1. Interpretação de Resultados e Emissão de Conclusões Realizada Sem o	

Apoio de Perguntas Orientadoras.....	196
2.2.2. Interpretação de Resultados/Emissão de Conclusões Feita, posteriormente, Com o Apoio de Perguntas Orientadoras.....	196
3. Síntese das Respostas Dadas nas Duas Séries de Perguntas sobre o 2º TEL.....	199
3.1. Síntese das Respostas às Perguntas sobre as Dificuldades ou Facilidades na Planificação e Execução do 2º Trabalho.....	199
3.2. Síntese das Respostas às Perguntas sobre a Avaliação do 2º Trabalho.....	199
3.2.1. Em Resposta ao que Mais e Menos Tinham Gostado no 2º Trabalho Podem Formar-se dois Grupos	199
3.2.2. Em resposta à Forma como o Trabalho Escrito Pode Melhorar a Aprendizagem.....	200
4. Reflexões Finais.....	200
5. Implicações Educacionais.....	202
5.1. Necessidade de Desenvolver no Ensino Básico mais Trabalhos Experimentais Utilizando Modelos de Seres Vivos.....	202
5.2. Crítica à Implementação do Trabalho Experimental Laboratorial numa Perspectiva de Ensino por Investigação Dirigida.....	203
5.3. Reabilitar os Trabalhos Práticos Ilustrativos na forma de “Investigações” Parciais, na Perspectiva do Ensino por Modelos.....	205
6. Limitações desta Investigação.....	208
6.1. Em relação aos Alunos.....	208
6.2. Em relação às Actividades de Experimentação.....	208
6.3. Em relação à Professora e Investigadora do Presente Trabalho.....	208
6.4. Em relação aos Instrumentos Metodológicos.....	204

ÍNDICE DE QUADROS

Pag.

1A - Perspectivas de ensino e de aprendizagem utilizadas em trabalhos práticos....	17
1B - Perspectivas de ensino e de aprendizagem utilizadas em trabalhos práticos.....	27
2 – Agrupamento dos alunos que frequentam TLBI, de acordo com o número de classificações negativas atribuídas.	64
3 – Classificações obtidas a TLBI (ao longo do ano), a CTV (CI) e classificação geral.....	66
4 – Perguntas orientadoras da planificação do 2º trabalho experimental laboratorial	72
5 - Perguntas orientadoras da interpretação dos resultados do 2º trabalho experimental laboratorial.....	73
6 – Objectivos e hipóteses correspondentes às perguntas que integram os 1º e 2º questionários.....	77
7 - Objectivos e hipóteses correspondentes à pergunta 9 do 2º questionário.....	78
8 A – Perguntas incluídas no relatório (2ª parte) e na ficha de avaliação individual sobre o 2º trabalho experimental laboratorial.....	80
8 B– Perguntas incluídas no relatório (2ª parte) e na ficha de avaliação individual sobre o 2º trabalho experimental laboratorial.....	81
9 - Aspectos relevantes enunciados, pelos alunos, na 1ª pergunta dos 1º e 2º questionários.....	86
10 - Aspectos relevantes enunciados, pelos alunos, na 2ª pergunta dos 1º e 2º questionários.....	87
11 - Aspectos relevantes enunciados, pelos alunos, na 3ª pergunta dos 1º e 2º questionários.....	89
12 - Aspectos relevantes enunciados, pelos alunos, na 4ª pergunta dos 1º e 2º questionários.....	90
13 - Respostas dos alunos à 5ª pergunta do 1º questionário.....	91
14 - Respostas dos alunos à 5ª pergunta do 2º questionário.....	92
15 – Respostas dos alunos à 6ª pergunta do 1º questionário.....	94
16 – Respostas dos alunos à 6ª pergunta do 2º questionário.....	94
17 – Respostas dos alunos à 7ª pergunta do 1º questionário.....	95
18 – Respostas dos alunos à 7ª pergunta do 2º questionário.....	96

19 – Respostas dos alunos à 8ª pergunta do 1º questionário.....	98
20 – Respostas dos alunos à 8ª pergunta do 2º questionário.....	99
21 – Respostas dos alunos à 9ª pergunta do 1º questionário.....	101
22 – Respostas dos alunos à 10ª pergunta do 1º questionário.....	102
23 – Respostas dos alunos à 11ª pergunta do 1º Questionário.....	103
24 – Respostas dos alunos à 12ª pergunta do 1º questionário.....	104
25 – Respostas dos alunos à 13ª, a) pergunta do 1º questionário.....	105
26 – Respostas dos alunos à 13ª b) pergunta do 1º questionário.....	106
27 – Respostas dos alunos à 9ª pergunta do 2º questionário.....	107
28 – Grupos que cometeram erros conceptuais-processuais.....	126
29 – Planificação do tubo controlo, que simula o que ocorre na boca.....	139
30 – Perguntas orientadoras da planificação.....	140
31 – Planificação do tubo que simula o que ocorre no estômago.....	143
32 – Planificação elaborada pelo grupo F. Os tubos 2 e 4 simulam, respectivamente, o estômago e a boca.....	146
33 A - Síntese sobre a Planificação do Trabalho Experimental Laboratorial Efectuada pelos Alunos, no que Respeita ao Tubo que Simula o Estômago.....	151
33 B - Síntese sobre a Planificação do Trabalho Experimental Laboratorial Efectuada pelos Alunos quanto ao Tubo que Simula a Boca.....	152
34 - Apresentação dos resultados obtidos pelo Grupo A.....	154
35 – Apresentação dos resultados obtidos pelo Grupo B.....	155
36 – Apresentação dos resultados obtidos pelo Grupo C.....	156
37 – Apresentação dos resultados obtidos pelo Grupo D.....	157
38 – Apresentação dos resultados obtidos pelo grupo E.....	158
40 – Apresentação dos resultados obtidos e da sua interpretação pelo Grupo F.....	160
41 – Apresentação dos resultados obtidos pelo Grupo G.....	160
42 – Apresentação de um quadro sobre a correcção dos erros conceptuais- processuais.....	178
43 – Respostas individuais dos alunos à pergunta: “Indique o que mais gostou no 2º trabalho e justifique”.	180
44 – Respostas individuais dos alunos à pergunta: “Indique o que gostou menos e justifique”.....	183

45 - Respostas individuais dos alunos à pergunta: “Indique de que forma o trabalho escrito contribuiu para uma melhor aprendizagem”	187
46 – Síntese comparativa dos itens referidos na apresentação e interpretação dos resultados/ emissão de conclusões pelos grupos.....	198

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Pag.

1- Comparação das respostas dadas à 5ª pergunta nos 1º e 2º questionários.....	93
2- Comparação das respostas dadas à 7ª pergunta nos 1º e 2º questionários.....	97
3 - Comparação das respostas dadas à 8ª pergunta nos 1º e 2º questionários.....	101
4 – Número de grupos que elaborou cada secção do 1º Relatório.....	126
5 - Síntese sobre os Grupos que Elaboraram as Secções do 2º Relatório.....	166

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.....	219
Anexo 2.....	227
Anexo 3.....	241
Anexo 4.....	269

ERRATA

Na página 199, onde se lê: “ 3. Interpretação de Resultados/Emissão de Conclusões Feita, posteriormente, Com o Apoio de Perguntas Orientadoras”, deve ler-se: “3. Síntese das Respostas Dadas nas Duas Séries de Perguntas sobre o 2º TEL”.

Na página 201 foi acrescentado um novo parágrafo 4) passando o anterior parágrafo 4) a corresponder ao parágrafo 5). O novo parágrafo 4 corresponde ao seguinte:

- 4) Sobre os momentos em que o ensino da construção verbal é realizado durante os TEL. Como é articulado o ensino da linguagem verbal escrita com os outros parâmetros do ensino experimental ?

☞ É provável que sejam estabelecidas as normas gerais para a elaboração de um relatório previamente à realização dos TEL e que, só no final de cada TEL seja pedido ao aluno que elabore o relatório. Durante a realização de um TEL, pode acontecer que os alunos não sejam ensinados a elaborar registos, a discutir em termos de articulação teoria-prática e a elaborar sínteses, sobretudo escritas. Esta dissociação entre o ensino da utilização da linguagem (sobretudo escrita) em TEL e o ensino desenvolvido durante o TEL pode implicar que a articulação a nível das “ideias – acção – linguagem” não é ensinada e, provavelmente, não é realizada pela maioria dos alunos. O ensino da elaboração verbal, sobretudo escrita, poderá ser crucial para a compreensão /realização do TEL.

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

Um dos problemas explicitados nos estudos realizados no âmbito do debate sobre o Ensino Secundário, no contexto da Revisão Curricular¹, é a ausência quase generalizada de ensino de natureza experimental, indiciando uma relação essencialmente teórica e verbal com o concreto e com os diferentes saberes. Assim, a Revisão Curricular preconiza, como um dos seus pontos fundamentais, a “reorganização dos cursos gerais do ensino secundário, favorecendo a integração das dimensões teóricas e práticas e dando relevância ao ensino de natureza experimental” (p.15). O ensino experimental é visto como uma actividade privilegiada no desenvolvimento de aprendizagens e de competências.

Não há, no entanto, modelos únicos que norteiem a concepção e implementação do ensino experimental. A sua execução depende da perspectiva de ensino e aprendizagem adoptada, podendo os trabalhos de natureza experimental revestir diferentes formas e pretender atingir objectivos muito diversos. Nesta perspectiva, o desenvolvimento de aprendizagens e competências pelos alunos depende de múltiplos factores, de entre os quais se salientam: a orientação dada, pelo professor, às actividades experimentais; os conhecimentos anteriores dos alunos, incluindo o conhecimento tácito sobre o tema em estudo; a experiência anterior de construção de conhecimento utilizando o trabalho experimental; as atitudes desenvolvidas pelos alunos, relativamente ao trabalho, que por sua vez, podem ser condicionadas por este.

Desta forma, o ensino experimental encerra potencialidades mas também incertezas, continuando a ser pertinente a realização de estudos de investigação para melhorar a sua eficácia. A disciplina de Técnicas Laboratoriais de Biologia, Bloco I (TLBI), tem sido um espaço de desenvolvimento de trabalhos práticos laboratoriais, incluindo o experimental. A realização de actividades curriculares de natureza experimental em TLBI, proporciona, portanto, a possibilidade de investigar a forma como os alunos constróem o conhecimento em Biologia, no contexto da sala de aula.

¹ Baseado em, Revisão Curricular no Ensino Secundário, Cursos Gerais e Cursos Tecnológicos – 1, Departamento do Ensino Secundário (DES), Ministério da Educação, 2000.

1. O Problema em Estudo

Se o trabalho experimental laboratorial é considerado, pela maioria dos seus intervenientes, um importante contributo para o ensino e a aprendizagem das ciências, a investigação demonstra que nem sempre se obtêm bons resultados. A minha prática docente (em TLBI) tem revelado uma grande disparidade de resultados de aprendizagem, sendo difícil concluir, positivamente, sobre a eficácia do trabalho experimental laboratorial no que respeita à construção de conhecimento pelos alunos. De uma forma geral, apenas os alunos com mais facilidade em aprender indiciam a construção de conhecimento conceptual-processual com as actividades, nem sempre sendo perceptível o tipo de construção realizada pelos alunos com mais dificuldades.

O trabalho experimental laboratorial é uma actividade complexa, cuja realização envolve a adopção de diferentes metodologias para a resolução das tarefas propostas e uma grande diversidade de processos de construção de conhecimento. O excesso de processos pode ser uma barreira à construção de conhecimento, provocando *interferências* que condicionam a aprendizagem (Hodson, 1994). Tal como Hodson, (1994) refere, face a tarefas complexas, os alunos utilizam várias estratégias para desenvolver o trabalho experimental: 1) adoptam a perspectiva da *receita*, seguindo as instruções passo a passo; 2) concentram-se num único aspecto da experiência, com virtual exclusão de tudo o resto; 3) mostram um comportamento aleatório, que os faz estar muito ocupados sem nada para fazer; 4) olham em volta e copiam o trabalho dos outros; 5) convertem-se em ajudantes de um grupo organizado e dirigido por outros.

Como se pode melhorar a construção de conhecimento em trabalho experimental laboratorial? A aprendizagem depende, em grande parte, da capacidade do aluno para interligar os diferentes processos requeridos na realização do trabalho e estabelecer as necessárias conexões entre a teoria e a prática, sem perder a noção do conjunto. Sem a concepção holística da tarefa, o trabalho experimental laboratorial perde significado. Ora, a construção de significado faz-se pela linguagem. A aprendizagem, entendida como construção de conhecimento significativo², será feita na medida em que os alunos conseguirem pronunciar-se sobre o trabalho, questionando-o e encontrando-lhe sentido.

² Conhecimento significativo – conhecimento com sentido e que se sabe aplicar (segundo Izquierdo, Sanmartí et al., 1999).

A utilização da linguagem permite interligar os fenómenos observados aos modelos científicos, sendo os conceitos científicos reconstruídos, deste modo, pelos alunos. É, pois, sobre a construção de conhecimento e sua verbalização desenvolvidas em trabalho experimental laboratorial que versa o presente trabalho de investigação. Neste estudo pretende-se, “ver” como os alunos constróem conhecimento em actividades experimentais, com e sem o apoio de perguntas orientadoras. Interessa fazer um diagnóstico alargado dos problemas com que se deparam os alunos na sua aprendizagem e das formas que utilizam para construir, verbalmente, o conhecimento.

O presente trabalho de investigação pretende, pois, responder às seguintes perguntas:

- ? Como constróem os alunos do 10º Ano conhecimento em TLBI, utilizando o trabalho experimental laboratorial ?
- ? É possível melhorar a construção de conhecimento dos alunos através de perguntas orientadoras ?

2. Finalidade da Investigação

A finalidade desta investigação prende-se com o estudo da construção de conhecimento efectuada, pelos alunos, em trabalho experimental laboratorial. Pretende-se verificar se, em actividades de cariz construtivista, a escrita orientada por perguntas feitas pela docente, pode constituir-se em instrumento privilegiado da construção do conhecimento, levando a uma efectiva melhoria da aprendizagem a nível conceptual-processual e atitudinal.

3. Objectivos da Investigação e Hipóteses de Trabalho

Os objectivos deste trabalho de investigação, bem como as respectivas hipóteses de trabalho estão descritas seguidamente.

3.1. Definição dos Objectivos

A construção de conhecimento realizada pelos alunos em trabalho experimental laboratorial é abordada em quatro pontos distintos, para os quais são definidos os objectivos do trabalho.

- 1) Caracterização da construção de conhecimento pelos alunos em trabalho experimental laboratorial, realizada sem o apoio de perguntas adicionais:

- ? Inventariar as etapas do trabalho experimental laboratorial que, para os alunos, poderão ser objecto de uma discussão de grupo, de um simples registo de dados ou de uma reflexão escrita.
 - ? Identificar as etapas do trabalho experimental laboratorial em que os alunos apresentam mais dificuldades na construção de conhecimento através da escrita, na ausência de orientações específicas.
 - ? Compreender a elaboração dos conhecimentos conceptuais-processuais realizada, através da escrita, em trabalho experimental laboratorial, sem o apoio de perguntas orientadoras (em relação à planificação e à interpretação de resultados/emissão de conclusões).
- 2) Caracterização da construção de conhecimento dos alunos numa investigação dirigida, apoiada por perguntas orientadoras (respeitando a planificação do protocolo experimental e a interpretação de resultados).
- ? Compreender a elaboração dos conhecimentos conceptuais-processuais, através da escrita.
- 3) Comparação do conhecimento dos alunos elaborado com e sem o apoio de perguntas orientadoras.
- ? Comparar a elaboração dos conhecimentos conceptuais-processuais, realizados nos dois trabalhos experimentais laboratoriais, com e sem o apoio das perguntas orientadoras (a nível da planificação e da interpretação de dados/emissão de conclusões).
- 4) Avaliação da evolução dos alunos na adopção de novas atitudes sobre a construção de conhecimento em trabalho experimental laboratorial.
- ? Inventariar as etapas do trabalho experimental laboratorial que, para os alunos, devem ser objecto de uma discussão de grupo, de um simples registo de dados ou de uma reflexão escrita, após o desenvolvimento dos trabalhos experimentais.
 - ? Realizar um estudo comparativo das atitudes dos alunos, face ao trabalho experimental, prévia e posteriormente à realização das actividades de experimentação.

3.2. Hipóteses de Trabalho

As hipóteses de trabalho subjacentes à formulação dos objectivos são as seguintes:

Ponto 1. A construção de conhecimento pelos alunos em trabalho experimental laboratorial pode ser melhorada. Em algumas etapas deste trabalho pode ser eficaz uma intervenção do professor que apoie a construção de conhecimento dos alunos através de perguntas orientadoras da actividade.

Ponto 2. Os alunos apresentam maiores dificuldades de construção de conhecimento em algumas etapas específicas das actividades experimentais.

Ponto 3. A realização das actividades experimentais laboratoriais e as respostas dadas, pelos alunos, às perguntas orientadoras feitas pela professora, contribuem para melhorar a sua aprendizagem, a nível da construção de conhecimentos conceptuais-processuais e da adopção de novas atitudes.

4. Plano do Trabalho

O plano geral do trabalho envolveu a implementação de duas actividades de experimentação laboratorial sobre enzimas. Previamente foi administrado aos alunos um questionário de diagnóstico. Posteriormente à implementação das actividades, foram administradas duas séries de perguntas para conhecer a opinião dos alunos. Por último, foi administrado um segundo questionário para avaliação. Seguidamente, é exposto o plano geral do presente trabalho de investigação.

4.1. Administração do 1º Questionário

O 1º questionário foi administrado, previamente ao desenvolvimento das actividades de experimentação, visando conhecer a opinião dos alunos: sobre o trabalho experimental laboratorial, sobre os momentos em que consideram adequada a construção verbal de conhecimento durante o seu trabalho e ainda, sobre a elaboração do relatório enquanto forma de construção de conhecimento e meio de comunicação do trabalho efectuado.

4.2. Implementação da 1ª Actividade de Experimentação

Foi realizado o 1º trabalho experimental laboratorial, sobre o qual os grupos elaboraram um relatório. Os grupos dispuseram do apoio de um protocolo sobre a actividade experimental (1ª ficha constante do anexo 1) que não contém orientações escritas

adicionais com o objectivo de apoiar o aluno na compreensão / interpretação do trabalho. O relatório de grupo foi objecto de análise. Após a entrega dos relatórios corrigidos, foi feita uma discussão alargada sobre o trabalho, por todos os intervenientes da turma. Para fomentar a discussão, foi entregue, juntamente com os relatórios corrigidos, uma “folha de respostas” contendo a interpretação considerada correcta dos resultados.

4.3. Implementação da 2ª Actividade de Experimentação

Foi realizado o 2º trabalho experimental laboratorial, sobre o qual os alunos elaboraram o relatório correspondente. Este incluiu as respostas dadas às perguntas adicionais sobre a planificação, formuladas na 2ª ficha de actividades, constante do anexo 1. Após a entrega dos relatórios corrigidos, os alunos responderam por escrito às perguntas orientadoras visando uma melhor compreensão / interpretação do trabalho, nomeadamente a nível da interpretação dos resultados. Foram analisados os relatórios e as respostas dos alunos à reflexão orientada. A análise versou sobre todos os elementos escritos desenvolvidos com a 2ª actividade contemplando, para além dos conhecimentos, a reflexão e a opinião dos alunos sobre o trabalho realizado.

4.4. Administração de Perguntas de Resposta Aberta relativas à 2ª Actividade de Experimentação

Foram administradas duas séries de perguntas de opinião sobre o 2º trabalho experimental laboratorial. A 1ª série de perguntas foi respondida pelo grupo e relacionou-se com a maior ou menor facilidade na realização do trabalho experimental laboratorial. A 2ª série de perguntas foi de resposta individual e visou associar a opinião do aluno, sobre o 2º trabalho experimental laboratorial, às suas facilidades ou dificuldades de aprendizagem.

4.5. Administração do 2º Questionário

Por último, foi administrado um questionário, semelhante ao 1º, para avaliar a evolução do conhecimento dos alunos, no que concerne à utilização heurística da expressão verbal.

5. Estrutura da Dissertação

A dissertação apresenta-se estruturada da seguinte forma:

? O capítulo I apresenta o tema em estudo e refere algumas das problemáticas que se colocam, actualmente, em ensino experimental laboratorial. Define o problema em estudo, expondo a finalidade e os objectivos a alcançar e explicitando as respectivas hipóteses de trabalho. É exposto o plano geral da investigação. Por último, é apresentada, em síntese, uma perspectiva sobre os diversos capítulos da dissertação.

? O capítulo II versa sobre o enquadramento teórico do trabalho. Este capítulo aborda a forma como têm sido concebidos e realizados os trabalhos práticos laboratoriais (incluindo o experimental) nas últimas décadas. São expostas as diversas perspectivas que têm orientado a realização dos trabalhos práticos e discutidas as vantagens e desvantagens que apresentam, no que respeita ao tipo de construção de conhecimento que incentivam. A evolução das Ciências da Educação para domínios teóricos³, correspondentes às novas orientações construtivistas, envolve novas formas de compreender a cognição, a ciência e a aprendizagem, levando a uma reformulação do papel desempenhado pela linguagem como instrumento modelador da construção de conhecimento. É neste quadro de referências que é estudado o papel desempenhado pelas perguntas orientadoras em trabalho prático laboratorial e que são propostas novas orientações para o trabalho experimental laboratorial, de modo a facultar uma melhor construção de conhecimento pelos alunos.

? No capítulo III é exposta a metodologia de investigação adoptada. É justificada a opção por uma investigação qualitativa por permitir abordar o tema, em estudo, na sua complexidade. É descrito o contexto da investigação, dando-se especial relevância às características da turma em que se realizam as actividades. As actividades de experimentação e os instrumentos de investigação utilizados são caracterizados, sendo

³ Como consequência, deixa de se fazer a separação das actividades de aprendizagem em resolução de problemas, aprendizagem de conceitos e trabalhos práticos, dado que são desenvolvidas por um corpo comum de processos cognitivos de natureza conceptual-processual e atitudinal.

expostos os objectivos e as hipóteses de trabalho que os fundamentam. São desenvolvidos os critérios que presidem ao tratamento dos dados obtidos.

? No capítulo IV são analisados os resultados obtidos, da seguinte forma: 1) é feita uma análise comparativa dos dados obtidos em dois questionários, visando a mudança de atitudes dos alunos em trabalho experimental laboratorial; 2) são analisados os relatórios de dois trabalhos experimentais laboratoriais para estudar a evolução da construção de conhecimento com as actividades de experimentação; 3) é analisada uma série de perguntas sobre a 2º trabalho experimental, visando conhecer as opiniões dos alunos.

? No capítulo V é elaborada a conclusão do trabalho, baseada no balanço dos resultados obtidos com as actividades de experimentação. Este balanço visa apreciar a evolução na construção de conhecimento em trabalho experimental laboratorial (realizado com e sem o apoio de perguntas orientadoras), a nível conceptual-processual e atitudinal.

É feita uma crítica à orientação didáctica impressa à unidade enzimas, no presente trabalho de investigação, de acordo com os resultados obtidos, sendo feitas novas propostas para a leccionação da unidade. Por último, apontam-se algumas limitações do trabalho.

6. Apresentação dos Documentos Utilizados na Investigação

A planificação da unidade programática “Enzimas” e as respectivas fichas de actividades (introdução teórica ao tema, trabalho experimental laboratorial nº1, realizado sem o apoio de perguntas orientadoras e trabalho experimental laboratorial nº2, realizado sem e com o apoio de perguntas orientadoras) encontram-se apresentadas no anexo 1. Os 1º e 2º questionários e a compilação das respostas elaboradas pelos alunos, constam do anexo 2. Alguns relatórios considerados exemplos significativos do trabalho experimental laboratorial desenvolvido pelos grupos de alunos constam do anexo 3. A selecção dos dados e sua apresentação nos anexos referidos, tem como finalidade dar a conhecer os instrumentos de investigação utilizados e, simultaneamente, evitar uma apresentação de dados excessivamente volumosa.

CAPÍTULO II – QUADRO TEÓRICO

Introdução

Neste capítulo são expostos os fundamentos teóricos do trabalho de investigação.

É feita uma breve resenha sobre as diferentes perspectivas de ensino e de aprendizagem que nortearam a realização do trabalho prático, desde os anos 50 até aos nossos dias. O papel e os objectivos atribuídos ao trabalho prático nestas últimas décadas, são também referidos, dada a discussão de que têm sido alvo, relativamente à sua eficácia.

São expostas novas orientações para o ensino e a aprendizagem, elaboradas de acordo com os avanços da investigação em didáctica. Como contributo para este novo enquadramento, são definidos novos modelos sobre ciência, sobre cognição humana e sobre aprendizagem. É enfatizado o papel da linguagem, enquanto instrumento modelador da construção de conhecimento em trabalho laboratorial. É abordada a construção de conhecimento em trabalho experimental laboratorial, sendo discutidos alguns dos pressupostos que condicionam a realização do trabalho prático, tanto de alunos como de professores e evidenciada a articulação processual exigida neste tipo de trabalho, para a efectiva construção de conhecimento. Por último, são feitas algumas considerações sobre a realização do trabalho experimental nos nossos dias.

1. A Construção do Conhecimento segundo Diferentes Perspectivas sobre o Ensino e a Aprendizagem. Caracterização do Papel Atribuído ao Questionamento em Trabalho Prático

Nos últimos 50 anos, o trabalho prático tem sido alvo de muita atenção e polémica, sendo equacionados, o seu papel e os seus objectivos, em função das diferentes perspectivas adoptadas no ensino e na aprendizagem. No ensino básico e secundário realizam-se actividades práticas, actualmente, pelo que se considera útil uma breve referência às mesmas.

1.1. Do Ensino por Transmissão ao Ensino por Descoberta

Uma parte muito significativa do ensino actual é, ainda, feito segundo estas perspectivas, com incidência no Ensino por Transmissão para desenvolver conceitos

teóricos e no Ensino por Descoberta para desenvolver actividades práticas. Nestas perspectivas o currículo especifica os saberes e habilidades que os alunos devem aprender.

1.1.1. Perspectiva do Ensino por Transmissão

Este modelo foi conceituado até aos anos sessenta. A aprendizagem centra-se nos conteúdos a aprender e faz-se utilizando, prioritariamente, o livro de texto com o apoio das explicações do professor. Como o conhecimento é considerado exterior ao aluno (Cachapuz, Praia e Jorge, 2000), assume-se que este deve adquiri-lo, tal como se encontra no manual escolar ou é veiculado pelo professor, sem ter em conta o seu processo pessoal de aprendizagem. O trabalho prático desenvolvido é do tipo ilustrativo, servindo para demonstrar as teorias explicadas no livro: as experiências devem comprovar os princípios científicos e apresentar sempre um resultado correcto, se se seguem adequadamente as instruções; desta forma, são demonstrados aos alunos os fenómenos, factos e resultados explicados previamente. A realização de trabalhos ilustrativos, como complemento das aulas expositivas, assenta no princípio de que ver o fenómeno favorece a sua compreensão e a sua conceptualização. No Ensino por Transmissão constata-se, por vezes, alguma dissociação na sequência de leccionação entre a teoria e a prática respectiva, podendo haver um afastamento no tempo, o que implica a falta de uma orientação didáctica adequada na realização das actividades práticas. Por vezes, desenvolvem-se actividades práticas em que o questionamento sobre o trabalho e a discussão teórica se centram, apenas, na metodologia empregue (García Barros, 2000). Nestes casos, os textos e materiais específicos das actividades práticas caracterizam-se por apresentar: 1) uma introdução teórica que corresponde à justificação da técnica a empregar, 2) a descrição da técnica que o aluno deve seguir e 3) algumas perguntas finais, geralmente relativas aos resultados e observações realizados.

1.1.2. Perspectiva do Ensino por Descoberta

A Perspectiva do Ensino por Descoberta desenvolve-se a partir dos anos sessenta. A aprendizagem centra-se no aluno e põe-se ênfase na experiência directa, sendo o questionamento sobre o trabalho prático orientado para pensar e praticar “os métodos da ciência”. Os conteúdos são remetidos para segundo plano. Hodson (1994), citando

Kirchner (1992), atribui um papel importante no desenvolvimento da Aprendizagem por Descoberta a uma interpretação errada, que se vulgarizou, da obra de Ausubel em que a aprendizagem repetitiva e a aprendizagem significativa, são equiparadas, respectivamente, aos métodos por transmissão – recepção e aos métodos por descoberta. Como resultado, considera-se que o melhor modo de aprender ciência (e o mais motivador para o aluno) corresponde a actividades baseadas no modelo de investigação científica e do método científico. Este método, formulado por Francis Bacon, é de natureza empirista e indutivista, tendo como princípio que as teorias se desenvolvem a partir da observação dos factos e são confirmadas com o apoio da actividade experimental. Pela utilização do *método científico*⁴ nos trabalhos práticos pretende-se que os alunos *descubram* os novos conceitos em estudo. Segundo Cachapuz, Praia e Jorge (2000), no EPD a *descoberta* faz-se “através da observação cuidada e sistemática, da utilização do sentido intuitivo, como ponto de partida, sem pensar a partir referentes teóricos, mas sobretudo por ver e acreditar no que se vê” (p.14). Cabe ao professor orientar os alunos na “descoberta dos novos conceitos” e proporcionar-lhes os apontamentos necessários. O livro de texto é pouco utilizado. Com base nestas concepções foram desenvolvidos projectos como o *Biological Sciences Curriculum Study* (BSCS), nos Estados Unidos e os cursos *Nuffield*, em Inglaterra.

Numa última fase do EPD, a crença num *método científico* preciso, através do qual se faz ciência e que pode ser ensinado (e cuja realização pode ser determinada e avaliada, com precisão, na aula, de acordo com objectivos específicos propostos) leva a um desenvolvimento, cada vez maior, do ensino dos *processos da ciência* desinseridos de um contexto. Aceita-se que as habilidades e os processos científicos a aprender são livres de conteúdos e generalizáveis, podendo ser transferidos para outros contextos. Esta posição é atacada por vários cientistas de entre os quais, Hodson (1994), Millar e Driver (1987) e Wellington (1988).

Esta perspectiva de ensino desenvolve-se até à década de 80. Diversos investigadores

⁴ *Método Científico*: sequência de processos desenvolvidos em trabalho prático que envolve a observação de factos, a partir dos quais é gerada uma hipótese, que é testada experimentalmente, permitindo obter e interpretar resultados que fundamentam as *conclusões científicas* elaboradas. Também apelidado *método OHERIC* – Observação – Hipótese – Experimentação – Resultado – Interpretação – Conclusão (Giordan, 1978, citado por Cachapuz, Praia e Jorge, 2000).

têm criticado o EPD no que respeita à sua natureza indutivista e empirista. Para além de uma imagem distorcida da ciência, o EPD permite uma construção pessoal de conhecimento, mas pouco significativa, dada a ausência de referentes teóricos. Ora, no que respeita ao conhecimento científico que é objecto de ensino e aprendizagem, constata-se que a observação é dependente da teoria: é a teoria que determina o que se deve observar e como se deve fazê-lo, devendo o trabalho prático alicerçar-se neste princípio. Na prática docente, verifica-se que a realização das *experiências* do EPD “resulta em frustração para os alunos que não chegam às *respostas certas*, enquanto os mais afortunados chegam à conclusão de que estão *a descobrir o que está certo* e entram no jogo do professor” (Miguéns, 1991, p.41). A indução das respostas certas acaba por ser *o objectivo* implícito destes trabalhos, afastando os alunos de uma reflexão séria sobre o fenómeno em estudo e o desenvolvimento da tarefa. Para além disso, a utilização do *método científico* apresenta a ciência como algo muito simples, imutável, obtido por um método perfeito, e não como uma construção socialmente partilhada, realizada ao longo do tempo e passível de alterações.

Esta perspectiva de ensino foi um fracasso, tanto no que se refere à aquisição de conhecimentos como no que respeita à compreensão da natureza da ciência (Gil, 1993). No entanto, contribuiu para descentrar o ensino da exposição teórica do professor (que caracteriza o EPT) fazendo-o incidir nos processos de aprendizagem do aluno.

1.2. Orientações Construtivistas do Ensino e da Aprendizagem: da Construção de Conhecimento segundo Ausubel à Perspectiva de Ensino por Mudança Conceptual

O trabalho de Ausubel e colaboradores lança novas bases, de natureza construtivista, sobre os processos de construção de conhecimento, pelos alunos, e reorienta a forma “tradicional” de desenvolver o ensino e a aprendizagem.

1.2.1. A Construção de Conhecimento segundo Ausubel

A meta da educação científica tradicional é a compreensão e assimilação de um corpo organizado de conhecimentos disciplinares, pelos alunos. Ausubel critica o ensino expositivo tradicional (EPT), pelo uso prematuro de técnicas puramente verbais com alunos cognitivamente imaturos, o mau estabelecimento de relações entre os

conhecimentos antigos e novos dos alunos e a utilização de actividades de avaliação, em tudo semelhantes ao ensino ministrado, favorecendo a repetição (Madruga, 1996). Ausubel, Novak e Hanesian (1978) propõem para um ensino eficaz: 1) que se atenda às limitações gerais sobre o desenvolvimento cognitivo dos alunos, 2) que sejam apresentadas as ideias básicas unificadoras do tema em estudo, previamente à exposição dos conceitos mais periféricos, 3) que sejam explicitadas, de forma clara e precisa, as semelhanças e diferenças entre conceitos relacionados e 4) que seja exigida aos alunos a reformulação dos novos conhecimentos, expressa pelas suas próprias palavras.

Ausubel diferencia ensino de aprendizagem, referindo que o ensino é somente uma das condições que podem influenciar a aprendizagem. Segundo Ausubel e colaboradores, para que os alunos realizem uma aprendizagem significativa, é necessário que se estabeleçam, de forma explícita, relações de significado entre aquilo que o aluno sabe e os novos conhecimentos a aprender (citado por Pozo e Gómez, 2000) e que o aluno adopte uma atitude activa para estabelecer as referidas relações conceptuais (citado por Madruga, 1996). Havendo desconhecimento dos conceitos prévios, dos alunos, sobre o tema em estudo (conceitos inclusores), deverá ser elaborado pelo professor um organizador prévio (dos conhecimentos dos alunos) que permita o estabelecimento de interrelações com os novos conceitos a aprender. Ausubel sustenta que a interacção entre os novos conceitos e os já existentes se realiza sempre de uma forma transformadora e que o produto final supõe uma modificação, tanto das novas ideias aprendidas como dos conhecimentos prévios (citado por Madruga, 1996), sendo o resultado a formação de uma estrutura cognitiva mais diferenciada. O nível de generalização e de abstracção dos conceitos inclusores condiciona os processos de aprendizagem, podendo a elaboração dos novos conhecimentos dar-se mediante processos de diferenciação progressiva e de reconciliação integradora. Os processos de diferenciação progressiva são realizados numa aprendizagem subordinada, em que os novos conceitos a aprender, sendo mais específicos, apresentam as características gerais do conceito inclutor (ou organizador prévio), mais abstracto e abrangente; o estabelecimento de relações entre o novo conceito e o conceito inclutor permitirá a assimilação do novo conceito que se tornará mais diferenciado, dotando simultaneamente o velho conceito de novos atributos. É produzida, assim, uma estrutura cognitiva, organizada hierarquicamente de “cima para baixo”, havendo um

fortalecimento das possibilidades de aprendizagem significativa, ao aumentar a densidade das ideias relevantes, nas quais se possam ancorar os novos conceitos. Os novos conhecimentos inserem-se na estrutura conceptual anterior, por crescimento das concepções ou por pequenos ajustes, não necessitando de uma reestruturação profunda da estrutura conceptual.

Os processos de reconciliação integradora (segundo Pozo e Gómez, 2000, citando Ausubel, 1978) são realizados numa aprendizagem supraordenada em que, a partir de conceitos inclusores mais específicos, os alunos elaboram os novos conceitos mais gerais e abstractos, de nível hierarquicamente superior. Neste caso, pode haver necessidade de uma reestruturação conceptual, sempre que a reorganização dos novos conhecimentos for feita num domínio qualitativamente diferente dos anteriormente estudados. Embora se possa realizar a aprendizagem de novos factos e conceitos, isoladamente, a sua integração implica uma (re)construção de novas estruturas conceptuais.

A experiência demonstra que os processos de integração são de mais difícil ocorrência do que os processos de diferenciação progressiva: os alunos conseguem diferenciar conceitos mas, dificilmente, conseguem elaborar uma reconciliação integradora, ou seja, dificilmente constróem conceitos supraordenados, que dêem significado aos conceitos científicos estudados (adaptado de Pozo e Gómez, 2000). Para facilitar a aprendizagem, Ausubel propõe que se observe o princípio da diferenciação conceptual progressiva no que respeita à escolha das ideias inclusoras: estas devem ser mais gerais do que os conhecimentos a aprender pelos alunos.

Orientação das Actividades Lectivas segundo Ausubel

As actividades devem realizar-se, de forma a favorecer a explicitação de conceitos inclusores pelos alunos explorando, quando possível, relações Ciência, Tecnologia e Sociedade. Após a apresentação do organizador prévio, deve ser apresentado o material de aprendizagem, tendo em atenção que a sua organização deve ser bem explícita. Cabe, ao professor, dirigir e orientar os alunos para que compreendam essa organização. Normalmente, a explicitação é feita através de uma explicação detalhada sobre o tema. Por último deverá ser feito um reforço das relações conceptuais referidas, não só a nível do organizador prévio e do material de aprendizagem, mas também com outros

conhecimentos apresentados, de forma a explicitar melhor a estrutura conceptual do currículo.

No que respeita às actividades de avaliação preconizadas por Ausubel, estas incidem no conhecimento conceptual e consistem em tarefas que explicitem a estrutura conceptual do aluno, a sua capacidade de relacionar os conceitos e de os diferenciar uns dos outros. Não há qualquer avaliação de procedimentos ou de atitudes. Os mapas de conceitos (Novak e Gowin, 1984) que permitem explicitar as relações conceptuais estabelecidas pelos alunos dentro de um campo semântico, servem não só como instrumento de avaliação, mas também como recurso metacognitivo para fomentar uma melhor aprendizagem dos alunos.

? Características de uma Orientação Construtivista da Aprendizagem

As características essenciais da aprendizagem realizada numa orientação construtivista são resumidas por Resnick (1983) citada por Gil (1993, p.200) em três princípios:

- “quem aprende constrói significados; não se limita a reproduzir simplesmente o que lê ou aquilo que lhe ensinam;
- compreender algo, supõe estabelecer relações; os fragmentos de informação isolados são esquecidos ou tornam-se inacessíveis à memória;
- toda a aprendizagem depende de conhecimentos prévios”.

A implicação mais importante do modelo construtivista para a planificação do currículo talvez seja “não conceber o currículo como um conjunto de saberes e de habilidades mas como um programa de actividades, através das quais, os ditos saberes e habilidades podem ser construídos e adquiridos” (Driver e Oldham, 1986, citados por Gil, 1993, p. 208).

As actividades propostas devem ser susceptíveis de interessar os alunos e de favorecer um trabalho criativo e efectivo de construção de conhecimento.

1.2.2. Perspectiva por Mudança Conceptual

A Perspectiva por Mudança Conceptual desenvolvida a partir dos anos 80, adopta uma orientação construtivista. Nesta perspectiva, assume-se que as ideias prévias dos alunos sobre os fenómenos em estudo, elaboradas com base no seu quotidiano, devem ser

identificadas, postas em causa e refutadas, se necessário, para permitir a construção de ideias científicas. Para tal, o professor deve desenvolver actividades que promovam o conflito cognitivo, orientando o questionamento de forma a induzir os alunos a explicitar as suas ideias, a confrontá-las com as novas realidades que evidenciem as suas limitações e a elaborar outras ideias (utilizando um raciocínio explícito, bem fundamentado) mais consentâneas com o ponto de vista científico. Em Portugal, os programas sobre Ciências da Natureza propõem abordagens de natureza investigativa na educação em ciências, referindo que as actividades devem ser organizadas como situações problemáticas e devem proporcionar oportunidades para que os alunos pesquisem e treinem a resolução de problemas em estudo (CRSE, 1989, citado por Miguéns, M., 1991). Para Miguéns (1991), pretende-se que, ao trabalhar com base nas suas ideias, os alunos reconheçam outras ideias como úteis e construam concepções novas e funcionais.

No entanto, a prática docente demonstrou que as concepções alternativas persistem, mesmo quando os alunos são confrontados com a experiência directa que as contradiz. Algumas dificuldades inerentes à mudança conceptual são assinaladas por Cachapuz, Praia e Jorge (2000), nomeadamente a de que qualquer conceito em estudo está articulado de forma complexa a outros conceitos, formando redes de conceitos – neste sentido, para ser efectiva, a mudança conceptual deve visar, não a alteração de um dado conceito específico, mas envolve uma reorganização de conceitos relacionados, no seu todo. Também Pozo e Gómez (2000) explicam a persistência das concepções alternativas associando-as às estruturas ou esquemas conceptuais às quais os alunos as assimilam.

O quadro 1A apresenta uma súmula sobre as Perspectivas de Ensino e de Aprendizagem utilizadas em trabalhos práticos desde o Ensino por Transmissão ao Ensino por Mudança Conceptual.

ÊNFASE NOS CONTEÚDOS CONCEITUAIS

ÊNFASE NOS CONTEÚDOS PROCESSUAIS

DO ENSINO POR TRANSMISSÃO AO ENSINO POR DESCOBERTA	
O currículo especifica os saberes e habilidades que os alunos devem aprender.	
<p>? ENSINO POR TRANSMISSÃO</p> <ul style="list-style-type: none"> ☞ A aprendizagem é centrada nos conteúdos. ☞ O conhecimento é exterior ao aluno. ☞ O trabalho prático é ilustrativo. ☞ Os resultados são certos se se seguem, adequadamente, as instruções. 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ O EPT não atende aos processos pessoais de aprendizagem
<ul style="list-style-type: none"> ☞ O EPD promove a <i>descoberta</i> de novos conceitos a aprender, na ausência de um quadro teórico de referência 	<p>? ENSINO POR DESCOBERTA</p> <ul style="list-style-type: none"> ☞ A aprendizagem é realizada por processos desenvolvidos segundo <i>o método científico</i>. ☞ A aprendizagem é centrada nos alunos. ☞ O trabalho prático é ilustrativo. ☞ Os <i>resultados certos</i> revelam processos <i>bem realizados</i> e permitem <i>descobrir a teoria subjacente</i>.
ENSINO DE ORIENTAÇÃO CONSTRUTIVISTA	
O currículo é um programa de actividades através das quais os saberes e as habilidades podem ser construídos.	
<p>? PRIMEIRAS ORIENTAÇÕES CONSTRUTIVISTAS DESENVOLVIDAS: O ENSINO SEGUNDO AUSUBEL</p> <p>Visa a compreensão e assimilação de um corpo de conhecimentos disciplinares, com uma forte componente conceptual. Ausubel enfatiza a diferença entre ensino e aprendizagem referindo que, para uma aprendizagem significativa, devem estabelecer-se relações de significado, de forma explícita, entre o que o aluno sabe e os novos conhecimentos a aprender e que o aluno deve adoptar uma atitude activa para construir essas relações, reconstruindo, por palavras suas, os novos conhecimentos. Com Ausubel desenvolvem-se as bases do construtivismo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Há uma forte incidência na construção de conteúdos conceptuais. ☞ A linguagem é revalorizada como instrumento de construção de conhecimento. ☞ A resolução de problemas e a investigação são actividades utilizadas para promover a interrogação e o conflito cognitivo, incentivando a uma reformulação dos conceitos prévios e sua substituição pelos conceitos científicos. ☞ Não são objecto de avaliação os procedimentos ou as atitudes.
<p>CARACTERIZAÇÃO DO ENSINO E DA APRENDIZAGEM CONSTRUTIVISTA</p> <p>Ausubel preconiza que:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☞ se construam conceitos organizadores das ideias prévias dos alunos que permitam a articulação com os novos conhecimentos a aprender; ☞ que os conceitos organizadores sejam mais gerais e abrangentes do que os novos conceitos a aprender para facilitar a aprendizagem. <p>A aprendizagem construtivista apresenta as seguintes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☞ depende de conhecimentos prévios; ☞ a compreensão obriga ao estabelecimento de relações entre os conceitos. ☞ implica a (re)construção de significados pelos alunos. 	
<p>? ENSINO POR MUDANÇA CONCEPTUAL</p> <ul style="list-style-type: none"> ☞ A aprendizagem implica a explicitação dos conceitos prévios dos alunos e sua substituição pelos conceitos científicos, sempre que é requerida uma mudança conceptual. As actividades e o questionamento desenvolvidos, visam provocar o conflito cognitivo. Os trabalhos práticos são organizados como situações problemáticas ou como pequenas investigações, devendo <i>os resultados certos e errados</i> contribuir para a mudança conceptual. ☞ Verifica-se que as concepções prévias persistem após o Ensino por Mudança Conceptual. 	

Quadro 1 A - Perspectivas de ensino e de aprendizagem utilizadas em trabalhos práticos.

A mudança conceptual implica uma nova construção de cenários educativos. Cachapuz, Praia e Jorge (2000), destacam *o modelo alostérico* de Giordan & De Vecchi (1987) como um dos modelos mais conhecidos para promover a mudança conceptual – comparando a aprendizagem ao funcionamento de biomoléculas reguladas, de forma competitiva por factores do meio e referindo o seguinte: a aprendizagem é um processo activo que implica competição entre o que o aluno já sabe e o novo conhecimento, sendo essa competição regulada pelos ambientes didácticos que se estabelecem.

A aprendizagem centrada no aluno não depende, assim, de um só factor, mas de um conjunto de condições que se conjugam para formar os ambientes didácticos propícios à aprendizagem e à mudança conceptual. Tais ambientes operam simultaneamente e de uma forma evolutiva, ainda que descontínua. Para haver aprendizagem, é necessário que ocorra uma alteração global da estrutura conceptual do aluno que se reorganiza, modificando o seu quadro de problematização, a sua forma de raciocinar e as suas referências iniciais. Assume-se que o aluno se auto-regula e auto-transforma à medida que reconstrói e transforma os seus conceitos, ou seja, a mudança conceptual implica uma nova forma de pensar e de observar os fenómenos.

O problema da persistência das concepções alternativas associa-se aos princípios epistemológicos, conceptuais e metodológicos que permitem a construção das concepções. A reflexão sobre o Ensino por Mudança Conceptual ênfatisa a necessidade de uma reestruturação global das teorias em que os conceitos se integram e que lhe dão significado, bem como da criação de ambientes didácticos que promovam essa reestruturação.

O Ensino por Mudança Conceptual enfatiza a aprendizagem de conceitos, considerando-a como a grande finalidade da educação científica. No entanto, essa aprendizagem pode limitar-se à descrição dos conceitos, sem que o aluno saiba aplicá-los à realidade ou utilizá-los para fazer previsões. É importante desenvolver novas abordagens de ensino e de aprendizagem, mais consentâneas com os novos modelos de actividade científica e de ciência, capazes de permitir uma construção mais abrangente de conhecimentos.

1.3. Novas Perspectivas Construtivistas de Ensino e de Aprendizagem das Ciências: o Ensino por Investigação Dirigida e o Ensino por Modelos

Nas novas orientações construtivistas desenvolvem-se tendências: o Ensino por Investigação Dirigida⁵ e o Ensino por Modelos (EPM). No que respeita à forma como é orientada a construção de modelos ou sistemas conceptuais, Pozo e Gómez (2000) comparam as duas perspectivas, referindo o seguinte:

- 1º No Ensino por Investigação Dirigida há um interesse explícito em organizar os sistemas conceptuais ou modelos a partir de conteúdos conceptuais específicos; é a partir do conhecimento desenvolvido em domínios concretos que se vão elaborar os sistemas conceptuais mais abrangentes (embora os alunos disponham das teorias e modelos referidas no manual escolar);
- 2º No Ensino por Modelos os conteúdos conceptuais específicos desenvolvidos em domínios concretos, organizam-se a partir de sistemas conceptuais ou modelos.

Embora as duas perspectivas pareçam propor a (re)construção de conhecimento a partir de campos opostos, constata-se que a construção do modelo inicial envolvendo as “práticas de iniciação” proposta por Izquierdo, Sanmartí, *et al.* (1999) no seu Ensino por Modelos, é muito próxima da orientação dada pelo Ensino por Investigação Dirigida. Esta confluência de pontos de vista tem a ver com a própria natureza da ciência, relativamente à interdependência entre teoria e prática no que respeita à construção de conhecimento. Perante a aprendizagem de um sistema conceptual novo, em que os novos conhecimentos não se podem ancorar em conhecimentos anteriores, torna-se fulcral desenvolver conhecimento conceptual-processual num domínio concreto que servirá de ponto de ancoragem à nova rede semântica em construção.

1.3.1. O Ensino por Investigação Dirigida

O ensino como investigação dirigida adopta o ponto de vista construtivista, segundo o qual o conhecimento, já elaborado e que é objecto de ensino, deve ser (re)construído pelos alunos em actividades de aprendizagem, de forma a ter significado para o aluno.

⁵ Adopta-se, neste trabalho, a designação proposta por Gil, Furió *et al.*, (1999). O Ensino por Investigação Dirigida apresenta uma orientação muito próxima do Ensino por Pesquisa (EPP) definido por Cachapuz, Praia e Jorge (2000).

Esta metodologia apresenta um paralelismo entre a investigação científica e a investigação científica escolar, salvaguardando as necessárias transposições didáticas. Tal como em investigação científica, a construção de conhecimento escolar deve fazer-se para resolver problemas de interesse para os investigadores, que no caso escolar, são os alunos. A orientação da aprendizagem como uma investigação dirigida envolve situações problemáticas abertas, que devem atender aos valores dos alunos e ao seu contexto, permitindo o estabelecimento de relações CTS.

Para Gil Pérez, Furió Más *et al.* (1999), esta perspectiva de ensino não pode confundir-se como Ensino por Descoberta, de natureza empirista-indutivista, em que os alunos são concebidos como investigadores autónomos, elaborando conhecimento conceptual a partir da actividade prática. Os autores citados, propõem para uma melhor compreensão do Ensino e da Aprendizagem como Investigação Dirigida, a metáfora dos estudantes como “investigadores *noveis* que, em equipas abordam situações problemáticas de interesse, interagindo com as outras equipas e o com o resto da comunidade científica representada pelo professor e pelos textos (p.313).”

A orientação das actividades de ensino e de aprendizagem como uma investigação dirigida, priva de sentido a distinção clássica entre teoria conceptual, trabalhos práticos e resolução de problemas, que *não apresenta nenhum paralelismo com a actividade científica real* (Gil Pérez, Furió Más *et al.*, 1999). Para os autores citados, os avanços realizados pela investigação didáctica demonstram convergências existentes nos três tipos de ensino: a planificação da aprendizagem como construção de conhecimento, em domínios científicos concretos, leva a uma integração funcional das actividades, sem que seja possível distinguir entre teoria, práticas ou problemas.

- Convergência a nível das práticas - as práticas de laboratório, muitas vezes de carácter demonstrativo, parecerem receitas que transmitem uma visão deformada e empobrecida da actividade científica. As práticas de laboratório devem ser consideradas como uma ocasião para familiarizar os estudantes com o trabalho científico. Em consequência, deverão ser concebidas como organicamente vinculadas ao tratamento de um problema, à construção de hipóteses que focalizem a investigação, à criação de procedimentos experimentais, incorporando aspectos – chave da actividade científica, habitualmente ignorados.
- Convergência a nível da resolução de problemas - Na “resolução de problemas”,

geralmente os professores explicam as soluções (que conhecem de antemão) para resolver os exercícios propostos, convertendo assim, um problema (para o aluno) num não – problema, ou seja, explicitando o modelo de resolução adequado ao tipo de exercícios propostos. Este tipo de problemas permite construir as estruturas cognitivas necessárias à sua resolução e é, portanto, passível de ser aplicado a outras situações semelhantes. No entanto, tratando-se de problemas fechados, a sua aplicação é muito limitada. Pode ainda dar origem a uma “metodologia da superficialidade” (Gil e Torregosa, 1983 citados por Gangoso, 2000, p.113), em que os alunos relacionam mecanicamente dados e incógnitas. Por analogia com o trabalho científico, verifica-se que para resolver problemas autênticos, os cientistas se comportam como investigadores, implicando-se numa actividade complexa e criativa em termos de hipóteses. Um dos aspectos cruciais prende-se com a capacidade de “procurar os dados” necessários à resolução do problema; os dados não são fornecidos, sendo necessário um estudo qualitativo da situação problemática aberta para que possam ser formulados.

- Convergência a nível da aprendizagem conceptual – assume-se como objectivo central da construção de conhecimento científico, a resolução de problemas de interesse. Os problemas são abordados a partir dos conhecimentos que os alunos possuem e das novas ideias que constróem, a título tentativo. Nesse processo, as concepções iniciais poderão experimentar mudanças e inclusivamente ser questionadas radicalmente, mas sem que isso corresponda ao objectivo do trabalho que é o de resolver o problema proposto. Não há, por conseguinte, um carácter de confrontação entre as ideias próprias e os conhecimentos científicos, o que poderia impedir o diálogo.

A perspectiva de Ensino por Investigação Dirigida, ao propor um contexto de actividades de investigação abertas, pretende promover a mudança conceptual, metodológica e atitudinal nos alunos. Isso implica a integração da teoria, das práticas e dos problemas num único processo de construção de conhecimentos científicos, de acordo com a orientação seguinte, baseada nos trabalhos de Gil Pérez, Furió Más *et al.* (1999):

- 1) Apresentar situações problemáticas abertas, com um nível de dificuldade adequado que gerem interesse e proporcionem uma concepção preliminar da tarefa.

- 2) Propor um estudo qualitativo das situações problemáticas e a tomada de decisões para definir problemas precisos, permitindo aos alunos expressar funcionalmente as suas ideias e começar a conceber um plano para o seu tratamento.
- 3) Orientar o tratamento científico dos problemas propostos, o que implica realizar:
 - A emissão de hipóteses, de acordo com os conceitos ou modelos concebidos pelos alunos, a partir da selecção de conhecimentos efectuada.
 - A elaboração de estratégias para a verificação experimental das hipóteses à luz dos conhecimentos obtidos.
 - A execução das estratégias e a análise dos resultados, considerando as previsões das hipóteses e comparando-as com os resultados obtidos pelos outros grupos e estudando a sua coerência com o corpo de conhecimentos científicos. Isto pode converter-se em ocasião de conflito cognitivo entre diferente concepções, tomadas como hipóteses e obrigar a conceber novas hipóteses.
- 4) Propiciar a utilização dos novos conhecimentos a novas situações que facilitem o aprofundamento dos mesmos, realçando as relações CTS e propiciando a este respeito a tomada de decisões.
- 5) Favorecer as actividades de síntese (por exemplo, esquemas, mapas conceptuais e relatórios) e a concepção de novos problemas.

Esta metodologia apresenta a vantagem de explicitar, de forma clara, os processos fundamentais que se pretende que os alunos desenvolvam na sua construção de conhecimento significativo, em trabalho experimental laboratorial.

1.3.2. A Construção de Conhecimento Científico Escolar segundo o Ensino por Modelos

Nesta perspectiva, considera-se que a educação científica escolar se processa de forma totalmente diferente da investigação científica, no que respeita às metas a atingir, aos métodos a utilizar e ao campo de aplicações. A meta é a construção de conhecimentos, pelos alunos, desenvolvida com o apoio de modelos e teorias científicos. Os alunos devem conhecer e aplicar vários modelos alternativos, na compreensão e interpretação dos fenómenos naturais. Izquierdo, Sanmartí et al. (1999) propõem a metáfora “fazer ciência escolar” para esta construção de conhecimento feita pelos alunos, nas suas actividades de aprendizagem. Esta deve ser global, integrando valores, métodos e

sistemas conceptuais científicos a serem (re)construídos pelos alunos, com o apoio do professor (Pozo e Gómez, 2000).

No que respeita ao método utilizado, considera-se impossível o desenvolvimento, na aula, de métodos científicos complexos. Devem utilizar-se os métodos que permitam ao aluno reflectir e justificar o que faz, favorecendo a aprendizagem de processos cognitivos associados ao trabalho científico, devidamente orientados pelo professor (García Barros, S., 2000). Este deve introduzir e explicitar os modelos, apoiando os alunos a criar *entidades* derivadas dos modelos como forma de raciocinar e desenvolver as suas concepções sobre os mesmos. Para tal deve criar as condições que permitam aos alunos desenvolver estratégias adequadas à reconstrução dos modelos teóricos, com o apoio das práticas. É através do estudo de fenómenos, feito em domínios concretos, que são evidenciadas e reconstruídas, verbalmente, pelos alunos, as características do modelo. As actividades propostas apresentam, geralmente, situações problemáticas que devem ser resolvidas pelos alunos.

Pozo e Gómez (2000) referem algumas actividades desenvolvidas no EPM de entre as quais se salientam: (1) a compreensão do modelo e posterior aplicação a diferentes conteúdos específicos; (2) o enriquecimento do modelo através da discussão entre alunos e o professor e das avaliações efectuadas; (3) a apresentação e comparação de modelos no contexto da resolução de problemas. O questionamento, elaborado pelo professor, deve visar a construção de conhecimento pelos alunos, orientando as suas investigações, expondo hipóteses alternativas, induzindo a contra-argumentação, promovendo a explicitação dos conhecimentos e a sua redescrição em várias formas de expressão verbal. O nível de análise que os alunos desenvolvem, na comparação e integração dos modelos, depende do nível educativo e dos objectivos concretos que se tenham trabalhado.

O campo de aplicações está estreitamente associado ao currículo da disciplina. No presente trabalho, o corpo de conhecimentos deverá ser construído segundo a óptica da Biologia, permitindo que os alunos distingam o importante do acessório e consigam ver para além das aparências, interpretando os factos à luz dos modelos biológicos estudados.

Os Modelos Científicos Escolares

As teorias são representações mentais, formadas por modelos teóricos, desenvolvidos sobre domínios específicos de factos e fenómenos, tendo como finalidade compreendê-los e poder intervir neles. Os modelos escolares permitem interpretar as relações experimentais que se estabelecem entre os factos reais, calcular e identificar variáveis, elaborar tabelas e esquemas, formular perguntas e ainda fazer previsões sobre o comportamento de um dado fenómeno. De acordo com Izquierdo (2000), “as acções dos alunos na aula de ciências adquirem significado científico porque são realizadas, intencionalmente, reportando-se a um modelo científico. Formam parte da *actividade científica escolar* pela qual se gera conhecimento e se transforma a maneira de ver através da construção de linguagem adequada” (p.21). Izquierdo, Sanmartí et al. (1999) chamam a atenção para o facto de os manuais escolares apresentarem, muitas vezes, modelos escolares e não teorias, dissociando-os dos domínios de fenómenos aos quais se aplicam.

No EPM o significado do modelo é enfatizado pelas aplicações que permite, não sendo considerado o “modelo científico em si” como único exemplo de “modelo verdadeiro”. Dado que coexistem vários conceitos sobre o mesmo fenómeno, quer científicos (contributo enfatizado pela História da Ciência), quer provenientes da experiência quotidiana, admite-se que, sendo construídos em contextos diferentes e em resposta a problemas de níveis diferentes, podem ser aplicados com sucesso em diferentes situações. Assume-se, assim, uma independência no que respeita à construção e aplicação do conhecimentos científicos e quotidianos, aceitando-se a sua activação de forma situada, em função do contexto (de acordo com Caravita e Hallden, 1994, citados por Pozo e Gómez, 2000).

A Construção de Modelos pelos Alunos em Trabalho Prático

O papel do trabalho prático é promover a construção do conceito central ou modelo conceptual a desenvolver pelos alunos. Os alunos constróem o *seu* conhecimento estabelecendo e explicitando relações entre os factos e os modelos (podendo, para tal, utilizar diferentes metodologias no desenvolvimento dos trabalhos).

O trabalho prático deverá equacionar-se em função da etapa da construção do modelo que se deseja promover (a introdução de um novo modelo ou a sua aplicação), a

actividade cognitiva a impulsionar (indução, geração de hipóteses, aplicação do modelo), a actividade linguística a impulsionar no desenvolvimento da actividade cognitiva e os instrumentos de regulação e autoavaliação das aprendizagens, de forma a que os alunos possam compreender o que fazem e evoluir na sua forma de aprender (Izquierdo, Sanmartí *et al*, 1999).

Izquierdo, *et al*, (1999), concedem especial importância à “etapa pré-científica” ou de “iniciação”, através da qual é elaborado um primeiro modelo escolar sobre um dado tema, com o apoio de “práticas de iniciação” expressamente realizadas para esse fim. Essas actividades práticas devem permitir que o aluno construa um modelo incipiente sobre o tema, integrando a representação abstracta do fenómeno, a acção desenvolvida (ou técnica empregue) e os resultados dessa acção, avaliados com o recurso a instrumentos. As “práticas de iniciação” podem basear-se em experiências escolares ou em factos do quotidiano, utilizados como analogias. O exemplo do fenómeno escolhido deve, no entanto, permitir uma referência significativa para o aluno, bem explícita, em relação aos três níveis de realização do trabalho experimental laboratorial: simbólico, manipulativo e tecnológico. A reflexão sobre o modelo em construção será orientada pelo professor com perguntas que levem à construção de representações sobre os 3 níveis, interligando:

1. O fenómeno (*O que representa este facto ? O que está em causa? O que é isto ?*);
2. A acção desenvolvida (*O que faço? O que é que está a acontecer ?*);
3. A avaliação de resultados (*Como aconteceu ? De que forma e quando aconteceu?*).

Durante a actividade são estabelecidas hipóteses teóricas de funcionamento do modelo, associando-o às características operativas verificadas no desenvolvimento do fenómeno. Podem ser feitas previsões sobre o comportamento do modelo e planificações que permitam obter uma resposta a essas mesmas previsões. Deve ser implementado o uso da linguagem científica, falada e escrita, para descrever, explicar ou justificar as relações entre o fenómeno observado e o modelo teórico em construção. Trata-se de permitir que os alunos construam uma primeira ideia global sobre o assunto em causa, associando a representação abstracta do fenómeno (o modelo fornecido) às suas propriedades e aplicações, de acordo com a metodologia desenvolvida. As práticas de iniciação devem dar sentido, tanto à manipulação e utilização de instrumentos, como à

linguagem teórica, escrita falada sobre o tema.

Izquierdo, Sanmartí *et al* (1999), referem a necessidade de utilizar práticas de iniciação, sempre que estão em causa mudanças conceptuais radicais, e os novos factos em estudo não puderem ser explicados através dos modelos que os alunos já conhecem. O objectivo é construir um primeiro “mini-modelo” que funcionará como um núcleo agregador de novos conhecimentos, podendo evoluir para formas progressivamente mais complexas. Esta atenção, dada à construção de um primeiro modelo, pretende evitar que os alunos interpretem os fenómenos em estudo segundo modelos alternativos, previamente elaborados com outras finalidades (utilizando modelos escolares mal compreendidos ou modelos elaborados para dar resposta a factos quotidianos extra-escolares). Os autores citados referem que “os alunos têm tendência a dotar de um poder explicativo universal os modelos que conhecem, o que dá lugar a erros graves” (p.55) . O modelo poderá evoluir e tornar-se mais abrangente na medida em que se interligar a novos conceitos, mantendo, no entanto, sempre as suas referências a nível simbólico, manipulativo e tecnológico.

? **Linhas Orientadoras das Novas Orientações Construtivistas da Aprendizagem**

As novas orientações construtivistas preconizam uma construção de conhecimento mais global, realizada a nível conceptual, metodológico e atitudinal. Pretende-se que o aluno construa conhecimento teórico e não superficial, de forma a pensar e agir, reflectir e dialogar sobre o seu trabalho e ser capaz de o reformular ou de propor novas aplicações. Estas novas formas de conceber o ensino e a aprendizagem implicam uma redefinição do currículo. Segundo Galvão, Oliveira *et al.* (2001), o currículo é “a indicação de um processo cognitivo e social contextualizado, em que as oportunidades de aprendizagem são resultantes da interacção do professor com os seus alunos.

O quadro IB apresenta uma súmula sobre as Perspectivas de Ensino e de Aprendizagem utilizadas em Trabalhos Práticos, relativamente às Novas Orientações Construtivistas.

ÊNFASE NOS CONTEÚDOS CONCEPTUAIS

ÊNFASE NOS CONTEÚDOS PROCESSUAIS

NOVAS ORIENTAÇÕES CONSTRUTIVISTAS		
<p>A construção de conhecimento é global, devendo realizar-se a nível conceptual, metodológico e atitudinal. Pretende-se que o aluno construa conhecimento teórico e não superficial, de forma a pensar e agir, reflectir e dialogar sobre o seu trabalho e ser capaz de o reformular ou de propor novas aplicações.</p> <p>O currículo⁶ é a indicação de um processo cognitivo e social contextualizado, em que as oportunidades de aprendizagem são resultantes da interacção do professor com os seus alunos. Corresponde às vivências escolares pelas quais alunos e professores partilham conteúdos e significados ou resolvem problemas sobre objectos e acontecimentos tornados familiares. O professor apresenta-se como gestor de conteúdos e construtor de um currículo flexível. Através deste currículo são desenvolvidas capacidades e adquirido um núcleo de competências essenciais. O currículo enfatiza, não só a definição de uma matriz de aprendizagens, mas também o modo como essas aprendizagens são desenvolvidas.</p>		
<p>✍ Preconiza a reconstrução de esquemas conceptuais gerais ou modelos, partindo de conteúdos específicos.</p>	<p>? ENSINO POR INVESTIGAÇÃO DIRIGIDA</p> <p>Explicita a necessidade de integrar vários processos de aprendizagem de teoria, prática e resolução de problemas para que se possa dar uma aprendizagem de conteúdos específicos. Este ensino explicita, claramente, a metodologia a desenvolver no trabalho experimental. Propõe que a construção de conhecimento seja realizada mediante actividades de investigação abertas, visando a resolução de problemas, com a seguinte orientação:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) estudo qualitativo do problema; 2) tratamento científico do problema proposto através de: emissão de hipóteses de resolução do problema; elaboração e execução das estratégias para verificação experimental das hipóteses formuladas; registo e interpretação dos resultados à luz das hipóteses formuladas; emissão de conclusões. 	
	<p>? ENSINO POR MODELOS</p> <p>Os alunos devem conhecer, explicitar e aplicar modelos alternativos na compreensão e aplicação dos fenómenos naturais. O papel do trabalho prático é permitir a reconstrução do modelo pelos alunos: é através do estudo de fenómenos em domínios concretos que são evidenciadas e reconstruídas verbalmente pelos alunos, as características do modelo.</p> <p>O trabalho prático deve equacionar-se em função: da etapa de construção do modelo em estudo; da actividade cognitiva a desenvolver; da actividade linguística a impulsionar; dos instrumentos de regulação e de avaliação das aprendizagens.</p> <p>O professor deve fazer as perguntas que permitam interligar as 3 dimensões do trabalho:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) as representações sobre o fenómeno e sobre o modelo – o que é isto? O que está em causa? 2) a acção desenvolvida – o que faço ? o que está a acontecer ? 3) a avaliação dos resultados – como aconteceu ? de que forma aconteceu ? 	<p>✍ Preconiza a reconstrução de conteúdos específicos partindo de modelos ou esquemas conceptuais mais abrangentes.</p>

Quadro 1B - Perspectivas de ensino e de aprendizagem utilizadas em trabalhos práticos.

⁶ Segundo Galvão, Oliveira et al., (2001)

O currículo é o que professores e alunos vivem, pensando e resolvendo problemas sobre objectos e acontecimentos tornados familiares” (p.3). As vivências escolares devem, pois, permitir a construção e partilha de conteúdos e significados pelos diversos intervenientes da turma. Desta forma, os alunos organizam progressivamente o seu conhecimento e a sua capacidade de viver democraticamente. Isto implica que o professor seja um gestor de conteúdos e um construtor de currículo: o professor pode utilizar os seus conhecimentos práticos para seleccionar e adaptar conteúdos, criando as actividades que mais se adequem à construção partilhada de conhecimento pelos seus alunos, de acordo com os seus conhecimentos e interesses. O currículo deve ser flexível para que os professores ajam mais como produtores que como consumidores do currículo. Importa acentuar o modo como se gere o currículo. Tão importante como a definição de uma matriz de aprendizagens, é o modo como essas aprendizagens são desenvolvidas. Através deste currículo são desenvolvidas capacidades e adquirido um núcleo de competências essenciais (adaptado de Galvão, Oliveira *et al.*, 2001).

1.4. A Resolução de Problemas, de acordo com as Novas Perspectivas Construtivistas

A percepção e compreensão do que acontece (do fenómeno em estudo experimental) relaciona-se com a capacidade de fazer perguntas que interliguem teoria e prática. Pelo questionamento (realizado pelo aluno ou pelo professor), promove-se o desenvolvimento dos processos cognitivos necessários à construção de conhecimento conceptual-processual e atitudinal. As diversas interrogações que se vão levantando ao longo da actividade, quer implícita, quer explicitamente, devem ser resolvidas para que se possa efectuar a aprendizagem. Os alunos devem aliar a curiosidade aos seus conhecimentos para poderem, de uma forma criativa, formular e resolver diversos problemas, inerentes à construção de conhecimento. Estes problemas são abertos, não apresentando nenhum modelo específico de resolução.

A resolução de problemas pode, portanto, ser entendida como uma actividade cognitiva em que as representações das experiências anteriores e os componentes desse problema são postos em confronto e reorganizados conjuntamente, de forma a atingir um objectivo. Esta actividade pode ser realizada: 1) através de ensaio e erro entre

alternativas; 2) através de uma tentativa deliberada para formular um princípio; 3) através da descoberta de um sistema de relações subjacente à resolução de um problema (segundo Oliveira, 1997).

Para, Oliveira (1997), a resolução de problemas pode ser entendida como um processo cognitivo complexo ou como uma estratégia. Permite, através de uma ligação ao real, desenvolver capacidades de problematizar, de tomar decisões, de promover a autonomia, de crescimento e desenvolvimento cognitivo pessoal, de aprender a pensar e, consequentemente de “aprender a aprender”.

A capacidade de resolver problemas varia com a idade. Com o crescimento, a frequência de estratégias de resolução de problemas por ensaio e erro decresce, sendo substituída por abordagens orientadas por hipóteses. Assim, a procura de soluções tende a ser mais flexível e menos estereotipada, sendo os alunos mais velhos mais capazes de mobilizar melhor a sua experiência anterior. Esta evolução liga-se ao desenvolvimento do pensamento formal, pelo aumento de uma maior capacidade de generalização e de manipulação de símbolos abstractos, bem como da sua verbalização.

As variáveis que mais influenciam a resolução de problemas são, segundo Ausubel *et al.* (1986) citados por Oliveira (1997): 1) o conhecimento de conceitos e princípios relevante para o problema; 2) as características cognitivas e de personalidade de quem resolve o problema (por exemplo, o estilo cognitivo, a objectividade, o espírito analítico e a imparcialidade) 3) a capacidade verbal; 4) o desenvolvimento da capacidade de pensar em termos de concreto-abstracto e de objectivo-subjectivo.

Os conhecimentos anteriores, incluindo o conhecimento tácito, são imprescindíveis para a resolução de problemas. Este conhecimento deve ser aplicado criteriosamente, visando a construção de estratégias relativas à resolução do problema em causa, e evitando aplicações estereotipadas de “modelos de resolução de problemas”. É necessário conceber a resolução de problemas de uma forma aberta, em termos de uma causalidade múltipla e não de uma causalidade simples, em que os factores causais podem apresentar uma grande variabilidade e não serem reduzidos a um único valor, ou à sua presença ou ausência.

Uma importante componente da resolução de problemas é a construção de um modelo interpretativo das questões abstractas, através da comparação com situações do mundo real. Ausubel *et al.* (1986), citados por Oliveira (1997) consideram a criatividade como

a mais elevada expressão de resolução de problemas porque envolve as transformações de ideias, provocando ideias novas ou originais e gerando novos princípios explicativos. No que respeita à resolução de problemas durante a realização de trabalho experimental laboratorial em TLBI, constata-se muitas vezes, a existência de problemas implícitos, não formulados, o que dificulta a realização da actividade pelos alunos. Estes problemas estão associados à selecção e ao controlo das variáveis. Na planificação do trabalho experimental laboratorial é muito frequente que os alunos prestem atenção à alteração dos valores de uma variável para verificar como varia uma outra variável, dependente da 1ª e objecto da hipótese emitida, com um esquecimento sistemático de todas as outras variáveis que podem interferir no processo. Este facto é particularmente notório nos seres vivos, em que qualquer fenómeno se vê afectado por múltiplos factores (Caballer, Oñorbe, 1997). Se existirem problemas implícitos, o estudo da situação problemática torna-se muito difícil, quer se trate de uma investigação dirigida quer de “uma simples” actividade ilustrativa porque há variáveis que nunca são explicitadas e que interferem no trabalho. Uma actividade ilustrativa pode transformar-se, assim, “num verdadeiro problema” implícito, que obriga a um estudo da situação problemática e a uma formulação de dados muitos cuidadosa atendendo à operacionalização possível dos conhecimentos elaborados até ao momento.

2. O Ensino e a Aprendizagem na Escola Actual, de acordo com as Novas Concepções de Ciência, de Cognição e de Aprendizagem

As profundas mudanças sociais, culturais, científicas e tecnológicas que estão na base da sociedade pós-moderna conduziram a mudanças na forma de compreender e de agir sobre o mundo actual. Verificou-se uma evolução na concepção de ciência, de cognição e de ensino e aprendizagem, de acordo com a Nova Filosofia da Ciência. Para este novo enquadramento teórico contribuíram, também, a reformulação do papel da linguagem e o desenvolvimento de novas formas de equacionar o trabalho prático em ensino e aprendizagem. Estas mudanças conduziram às duas perspectivas sobre o ensino já referidas: o Ensino por Investigação Dirigida e o Ensino por Modelos.

2.1. A Evolução do Modelo de Ciência e a Construção do Conhecimento Escolar

O modelo tradicional de ciência define-a como conhecimento experimental axiomatizado do mundo, decorrendo da filosofia positivista do século XIX. À epistemologia tradicional interessa, sobretudo, a justificação do conhecimento científico. O modelo tradicional entrou em crise devido a vários factores: demonstrou-se que a construção de ideias científicas não obedece ao “método científico”, nem sempre podendo classificar-se como uma actividade racional; aceitou-se que a experimentação e a teoria se condicionam mutuamente, não sendo possível distinguir os dois campos; evidenciou-se a dependência do conhecimento científico em relação aos factores sociais (contexto e valores da sociedade) verificando-se ainda o seu condicionamento pelas aplicações técnicas e pela utilização de instrumentos (baseado em Izquierdo, Sanmartí *et al.*, 1999).

A concepção de ciência actual deriva da Nova Filosofia da Ciência, interessando-lhe compreender como se constrói a ciência e não apenas a sua justificação. De acordo com esta concepção, são valorizados os contextos (Cachapuz, Praia e Jorge, 2000). Importa repensar a ciência de forma a integrar as diversas vertentes que a constituem. Actualmente, a ciência é vista como uma actividade humana complexa, socialmente construída, dependente dos valores do grupo que a desenvolve e das possibilidades técnicas do contexto (Izquierdo, 2000). A autora, citando Echevarría (1995) refere que actividade científica se realiza em quatro contextos diferentes que interagem entre si: a inovação ou descoberta, a avaliação ou justificação, a aplicação e o ensino. O ensino das ciências é, portanto, uma actividade participante da construção da ciência.

A concepção sobre ciência tem influenciado as diversas perspectivas sobre o seu ensino. A construção de ciência escolar, aqui proposta, apoia-se na perspectiva do Ensino por Modelos. Com o ensino das ciências pretende-se, em primeiro lugar, dotar os alunos de literacia científica, de forma a que sejam capazes de compreender o mundo em que se integram, transformando a informação recebida em conhecimento utilizável. A formação em ciências deverá ajudar os alunos a interpretar e dar resposta adequada aos problemas bioéticos, ambientais e tecnológicos que se colocam actualmente. Está em causa a utilização adequada dos conhecimentos científicos construídos com o apoio da escola, o que implica promover nos alunos o desenvolvimento integrado de atitudes, capacidades e competências consentâneas com o nível de ensino em que se inserem.

2.2. O Novo Conceito de Racionalidade Científica, de acordo com as Ciências Cognitivas

Actualmente, não se considera que a ciência seja mais racional do que qualquer outra actividade cognitiva, no que respeita aos seus objectivos e métodos. Considera-se que uma actividade é racional se as representações, as metas e os métodos de trabalho estão relacionados e se os resultados finais da actividade se podem avaliar. Assume-se que o processo de criação científica é desenvolvido segundo uma racionalidade moderada, em que as hipóteses são construídas de acordo com o contexto e segundo os valores que norteiam o trabalho de investigação (baseado em Izquierdo, Sanmartí et al., 1999).

No que respeita à construção de conhecimento, admite-se que esta é inseparável de uma acção. No desenvolvimento de qualquer acção cognitiva estão associadas três dimensões, irreduzíveis entre si, mas que se reforçam mutuamente: *a experiência*, que resulta ou conduz à intervenção no mundo, *as ideias* e *a linguagem* que correspondem a uma determinada representação do mundo. A interligação dos três contextos deve permitir ao aluno construir conhecimento significativo de forma a conseguir aplicá-lo, reflectir e dialogar sobre o assunto para poder reestruturá-lo e reinterpretá-lo, propondo novas acções de aplicação (de acordo com Guidoni, 1985, citado por Izquierdo, 2000).

2.3. As Novas Orientações sobre o Ensino e a Aprendizagem

A aprendizagem baseia-se nas seguintes ideias fundamentais:

- a) A aprendizagem é um processo de construção activo, por parte de quem aprende (Oliveira 1997), pelo que deve estar centrada na acção (Gonçalves e Ferreira Alves, 1995). Ao realizar as tarefas escolares os alunos desenvolvem os processos necessários à sua resolução e, simultaneamente, aprendem os conteúdos teóricos.
- b) A aprendizagem só é possível se tiver por base o conhecimento, a cultura e a linguagem preexistentes (Oliveira, 1997). Em consequência, as actividades devem ser delineadas atendendo às características do aluno, no que respeita aos seus conhecimentos, vivências e inserção sócio-cultural. Verifica-se que a realização de trabalho que reflecte os interesses e perspectivas pessoais dos alunos incentiva ao desenvolvimento das suas capacidades pessoais (Gonçalves e Ferreira Alves, 1995). Esta associação entre interesses e valores do aluno e objectivos da escola implica a abertura a novas formas de orientação dos trabalhos escolares (Gonçalves, 1996),

com uma participação criativa do aluno. Não se pede mais, ao aluno, que reproduza exaustivamente um assunto, de forma impessoal, mas que crie, que desenvolva os seus trabalhos, pondo algo de si no que faz. Globalmente, importa interligar o mundo conhecido do aluno ao novo mundo em construção, fazendo incidir a aprendizagem na sua zona de desenvolvimento próximo⁷, na acepção de Vygotsky (segundo Alvarez e Del Río 1996).

- c) A centração na construção dos processos e a valorização os contextos de aprendizagem implicam novas formas de avaliação. Estas devem contemplar a realização do trabalho de uma forma holística, envolvendo, quer a aquisição de conteúdos, quer os processos desenvolvidos na resolução da tarefa. A aprendizagem e a avaliação devem estar interligadas nos contextos em que se desenvolve a tarefa, potenciando o encontro dialógico entre o professor e os alunos (Gonçalves e Ferreira Alves, 1995).

Em suma: esta orientação do ensino e da aprendizagem privilegia a aquisição contextualizada de conhecimentos através da realização de tarefas relacionadas com o quotidiano dos alunos, com os seus interesses e perspectivas. Para além dos processos utilizados tradicionalmente na aquisição de conhecimentos escolares, é pedido aos alunos que desenvolvam a utilização de processos complexos de selecção e de organização de informação, bem como a criatividade necessária à realização das tarefas).

3. A Linguagem como Modeladora da Construção de Conhecimento em Trabalho Experimental

Segundo Oliveira (1997), a linguagem apresenta duas funções primordiais: uma função interna, ligada à construção de conhecimento e uma função externa, associada à comunicação. Embora as duas funções sejam indissociáveis, dado que a comunicação

⁷ A Zona de Desenvolvimento Próximo corresponde às potencialidades que o aluno apresenta mas que só pode desenvolver com o apoio de terceiros, mais capazes. Pretende-se que o aluno, em interacção com outros alunos e devidamente orientado pelo professor, desenvolva conhecimentos, capacidades e atitudes para as quais tem potencialidades mas que não saberia construir sozinho.

gera conhecimento, no presente trabalho a linguagem incidirá sobre a construção de conhecimento. Oliveira (1997) considera a linguagem “o instrumento básico quotidiano em qualquer aula de ciências” porque “é através da palavras que os alunos trabalham a aquisição de conceitos científicos e a sua comunicação, independentemente da metodologia adoptada (p.67). É pela linguagem que se realiza a interacção professor-aluno, sendo desta forma que “o professor motiva, explica, questiona, controla, organiza e avalia e o aluno constrói e representa as suas aprendizagens. As palavras são essenciais e são o primeiro modo de especificar, confrontar transformar e integrar ideias, conduzindo à reflexão e à descoberta do mundo”. O professor deve “ajudar os alunos a usar a linguagem para organizar a experiência e o pensamento” (pp.67-68). Também Izquierdo, Sanmartí *et al.*, (1999) consideram que, em trabalho prático, é a discussão e a linguagem sobre a experimentação e não a experimentação propriamente dita que permite construir o conhecimento científico escolar.

3.1. A Linguagem na Construção de Modelos em Trabalho Experimental Laboratorial

Sendo um instrumento indispensável à cognição humana, a linguagem assume um papel de mediação entre as representações e as acções, podendo durante os processos de construção de conhecimento apresentar diferentes formas. De acordo com Sutton (1997) coexistem basicamente dois tipos de linguagem, em investigação científica:

- ? A linguagem como “um sistema de etiquetagem”, utilizada nas comunicações científicas. Corresponde a uma descrição objectiva e impessoal do que sucede; é directa, literal e não imaginativa, definida e precisa, associando a palavra exacta a cada coisa.
- ? A linguagem como “um sistema interpretativo”, para dar sentido a novas experiências: é pessoal, analógica, provisória e imprecisa, pretendendo estruturar uma ideia de diferentes maneiras. Nesta linguagem, as palavras permitem criar teoria; uma nova forma de referir um tema pode estar relacionada com uma nova maneira de “ver mentalmente” os factos.

Geralmente, em investigação científica, verifica-se uma progressão na escrita sobre um dado tema que, inicialmente, assume um carácter provisório sendo, posteriormente, utilizada a linguagem como um sistema de etiquetagem, quando o conhecimento

científico está bem estabelecido. Nas aulas de ciências, a linguagem apresentada no manual adoptado é uma descrição objectiva do conhecimento científico. Com a devida transposição didáctica, são apresentados de uma forma abstracta, conhecimentos científicos solidamente estabelecidos, sem que haja na maior parte das vezes, qualquer alusão significativa ao percurso que levou à sua construção. São omitidos os contextos em que se realizaram as experiências e os debates, no que respeita aos valores da comunidade e aos instrumentos e técnicas que, no seu conjunto, permitiram a elaboração das teorias científicas em estudo. Muitas vezes, o manual escolar apresenta ou descreve, simplesmente, as teorias ou os respectivos modelos sobre um dado tema. Ora, qualquer construção de conhecimento, incluindo o escolar, implica a utilização da linguagem como um sistema interpretativo e criativo, ligado a acções concretas e a um contexto bem definido. Só assim a linguagem pode ser “um sistema de construção de significados e não só de expressão de significados” (Halliday e Martín, 1993, citados por Izquierdo, 2000, p.22). No ensino das ciências é necessário desenvolver as actividades, de forma a criar um contexto que pode ser histórico ou proceder das vivências dos alunos. Desta forma, os alunos podem interpretar os fenómenos que conhecem, associando-os aos modelos e teorias veiculados pelos textos e (re)construí-los. Para Oliveira, (1997) é essencial o uso pessoal da linguagem (interpretativa) no processo individual de aprendizagem: “...aos alunos deve dar-se a oportunidade de falar e escrever sobre o seu trabalho de forma pessoal (...) porque falar dá uma maior compreensão dos conceitos” (p.69). No entanto, a autora acrescenta ainda que “falar alarga a compreensão de quem fala, mas não de quem ouve. Falar só resulta em interacção se for utilizada a argumentação, a discussão e o questionamento e, assim, o conhecimento vai-se estruturando e, cumulativamente, vão-se desenvolvendo capacidades científicas” (p.69).

Izquierdo (2000) expõe um outro problema, no que concerne à interligação entre as vivências dos alunos e o trabalho experimental que desenvolvem:

- ? as acções realizadas neste contexto são descritas, pelos alunos, em linguagem comum e têm, por referência, concepções e termos provenientes do seu quotidiano. Essa linguagem, por vezes incorrecta, sob o ponto de vista científico, tem sentido para o aluno porque corresponde ao que ele faz.
- ? a descrição teórica do fenómeno em estudo experimental não tem, inicialmente,

sentido para o aluno. O sentido vai sendo adquirido, à medida que o fenómeno for sendo interpretado, de acordo com o modelo científico.

Izquierdo (2000) cita, como exemplo, a combustão do açúcar que, para os alunos, significa “queimar açúcar” e que é descrita no manual escolar como uma forma de decomposição do açúcar. Ora, se inicialmente se pedir aos alunos para decompor açúcar, provavelmente, não saberão o que fazer.

Portanto, em trabalho experimental, coexistem três linguagens: a linguagem científica abstracta, objectiva e impessoal, veiculada pelos manuais escolares, através da qual são expostos os modelos e teorias científicos que os alunos devem aprender; a linguagem comum dos alunos, baseada no conhecimento quotidiano; a linguagem interpretativa dos fenómenos experimentais, construída de uma forma tentativa com o apoio dos modelos teóricos e do professor. O questionamento assume, aqui, um papel primordial, orientando os alunos na construção de novas formas de ver e de interpretar os fenómenos, permitindo-lhes construir conceitos-entidades cujas características se vão progressivamente aproximando das características do modelo teórico em estudo.

3.2. A Construção de Modelos segundo Lemke

Lemke (1997) a construção de conhecimento científico escolar implica que o professor e os seus alunos falem a mesma linguagem, ou seja, que construam um significado comum:

- (1) para os vocábulos que definem os conceitos científicos ou suas propriedades;
- (2) para as formas de estruturação de conhecimento que utilizam.

3.2.1. O Desenvolvimento de Significado Comum durante a Construção de Sistemas Conceptuais

Os sistemas conceptuais (ou modelos) ensinam-se principalmente através da linguagem, complementada com diagramas, noções matemáticas e experiência prática. Em termos de linguagem, uma teoria científica ou um sistema conceptual corresponde a um padrão temático de relações semânticas sobre um dado assunto. Um padrão temático expressa uma forma de visualizar a rede de relações entre os significados atribuídos aos seus termos chave. Os termos chave identificam os itens temáticos do padrão: são, na sua maioria, conceitos específicos, caracterizados pelas suas relações semânticas,

correspondendo a pequenos fragmentos de padrões temáticos.

A construção do padrão temático deve permitir aos alunos “falar ciência” sobre o assunto de uma forma aceitável, ou seja, permitir que estes consigam expressar-se verbalmente sobre o tema, interpretá-lo, elaborar raciocínios para resolver problemas ou utilizá-lo num exame. Para tal, os alunos têm que aprender a dominar o uso interligado de termos particulares e o significado das suas relações semânticas, numa dada disciplina. O sentido atribuído a uma dada expressão verbal é determinado pela construção das relações entre as palavras ou frases, ou seja, da sua integração num padrão semântico. Sabe-se que os mesmos termos são interpretados de acordo com a sua utilização em contextos anteriores, sendo o significado atribuído de acordo com as interligações estabelecidas. Para que se possa elaborar devidamente um padrão temático, é necessário que o professor o explicita devidamente e que os alunos descrevam sobre o tema todos os significados possíveis. Só se pode criar sentido comum se se compartilharem as mesmas maneiras de criar significado. Lemke (1997) constata que, em situações de ensino, os padrões temáticos científicos são deixados muitas vezes implícitos, o que implica que as diferenças entre os padrões do professor e dos alunos raramente são verbalizadas. A interferência negativa das falhas de comunicação, durante a construção do padrão temático, é especialmente sentida em duas situações:

- (1) Não explicitação das concepções prévias, pelos alunos – estas devem ser expostas para que o professor possa conhecer os pontos de vista dos alunos sobre um tema, dado que todas estas concepções contribuem para a elaboração semântica dos temas em estudo. Assume-se, como importante, que os alunos aprendam os pontos de vista da ciência e sobre eles elaborem o padrão temático científico, nem sempre sendo necessário que abandonem as suas concepções prévias.
- (2) Não verbalização, pelo professor, de conhecimentos tácitos necessários à elaboração dos conceitos. Este último ponto é muito importante em trabalho experimental laboratorial dado que são desenvolvidas, de forma interligada, uma actividade linguística e uma actividade prática. A assunção, pelo professor, de que os alunos desenvolvem os processos de construção do padrão temático segundo conhecimentos tácitos semelhantes aos seus, pode penalizar o desenvolvimento do trabalho em todos os seus níveis (das representações, das acções e da linguagem).

3.2.2. Construir Significado Comum Desenvolvendo os Géneros Maiores e Menores da Escrita Científica : Ensinar a Falar e a Raciocinar segundo os Formatos Próprios da Ciência

Lemke (1997) perspectiva o raciocínio, não como um processo mental, mas como um processo linguístico que pode ser ensinado. Raciocinar através da linguagem implica seguir padrões específicos de argumentação, desde as premissas às conclusões. O raciocínio desenvolve-se utilizando a linguagem verbal, oral e escrita, ou pela utilização de outras formas de actividade mais complexas, tais como, resolver problemas e experimentar. Falar ou raciocinar sobre ciência, no sentido mais amplo, combina sempre um padrão temático de relações semânticas com um padrão estrutural de organização da expressão. Um proporciona o conteúdo e outro a forma de organização do argumento. O padrão mais simples corresponde ao modo da organização da linguagem e denomina-se estrutura retórica. Os padrões mais amplos e complexos, por exemplo, um relatório de laboratório ou um artigo de investigação científica, são estruturas de género. Lemke (1997) enfatiza a necessidade de ensinar os alunos a utilizar correctamente os recursos semânticos da linguagem no desenvolvimento de padrões temáticos e de estruturas de género específicas da ciência. Para aprender a falar e escrever sobre ciência, os alunos necessitam da gramática e de formas de organização utilizadas na escrita científica. Entre os “géneros menores” da ciência encontram-se formas simples como: descrições, comparações, definições e silogismos, semelhantes a formas utilizadas noutras disciplinas. Os géneros maiores da ciência, como os relatórios de laboratório são mais complexos e mais especializados no trabalho científico. Os géneros maiores e menores da ciência devem ser objecto de ensino detalhado no que respeita à associação das estruturas, à identificação das suas partes constituintes, à explicitação das funções de cada uma em relação ao todo e à associação do significado de cada parte com as demais. É importante que os alunos desenvolvam os géneros de escrita científica e os pratiquem.

3.3. O Uso da Linguagem em Trabalho Laboratorial

Como síntese pode afirmar-se que ensinar a falar ciência envolve a aplicação de um modelo específico de organização de trabalho, abrangendo os processos de construção de conhecimento verbais e não verbais. Este esquema geral deve ser adaptado de acordo

com o tipo de trabalho laboratorial que se realiza e a metodologia que se desenvolve. A elaboração do relatório escrito sobre cada actividade é objecto de ensino e de aprendizagem ao longo do ano, dado tratar-se de uma disciplina de iniciação ao trabalho laboratorial. No entanto, mesmo que os alunos estejam já familiarizados com a estrutura própria de um relatório científico, cada novo trabalho experimental laboratorial apresenta problemas de vários níveis (conceptuais e processuais) que é necessário equacionar a fim de que os alunos compreendam o significado do que realizam. A construção de conhecimento durante a actividade depende da capacidade de explicitação das problemáticas subjacentes e do seu tratamento ao longo do trabalho experimental.

No presente trabalho de investigação assume-se que o relatório escrito, elaborado pelos alunos, representa *a forma holística* de construção de conhecimento verbal em trabalho experimental laboratorial. O relatório reflecte o modo como aplicam o esquema geral de trabalho, como seleccionam o conhecimento teórico a estudar experimentalmente, como equacionam os problemas e, de um modo geral, como realizam a articulação entre teoria e experimentação, ao longo das diversas etapas do trabalho.

Considera-se a análise da construção do esquema conceptual (e das respectivas relações semânticas) elaborado nas diversas secções do relatório, um indicador precioso sobre um vasto conjunto de parâmetros indicadores da construção do conhecimento em trabalho experimental laboratorial, a saber:

- (a) sobre as concepções prévias, a nível conceptual – processual, aplicadas no trabalho;
- (b) sobre a selecção e organização dos conhecimentos considerados necessários ao desenvolvimento do trabalho;
- (c) sobre a forma como é interpretada e aplicada a metodologia;
- (d) sobre os resultados registados e a correspondente interpretação;
- (e) sobre as conclusões elaboradas a partir do trabalho.

4. Utilização do Trabalho Prático no Ensino e na Aprendizagem das Ciências

Sendo o trabalho prático complexo, a sua eficácia no ensino e aprendizagem das ciências é determinada por um amplo conjunto de factores interrelacionados. A sua eficácia tem sido discutida pelos investigadores, não havendo um consenso sobre os objectivos a atribuir aos trabalhos práticos e sobre a orientação a dar à sua leccionação; a discussão estende-se, ainda, aos métodos empregues na investigação sobre a eficácia dos trabalhos práticos (de acordo com Barberá e Valdés, 1996). No que concerne à leccionação, verifica-se que há uma grande diversidade na formulação dos objectivos associados à tipologia e às formas de implementação dos trabalhos. Acresce, ainda, o facto de haver um desfasamento no tempo que medeia entre a construção pela ciência de uma nova perspectiva de ensino e de aprendizagem e a sua implementação na escola. Este anacronismo é, também, gerador de confusão entre os diversos intervenientes no processo. O trabalho prático tem sido implementado para satisfazer um vasto e díspar conjunto de objectivos, segundo diferentes perspectivas de ensino, não sendo consensual o valor que lhe é atribuído por investigadores, professores e alunos (Barberá e Valdés, 1996). Há, no entanto, um ponto comum: quase todos os intervenientes concordam com o interesse do trabalho prático no ensino das ciências, embora muitas vezes duvidem da sua eficácia na aprendizagem.

Neste quadro teórico, pretende-se reflectir sobre os trabalhos práticos laboratoriais que se desenvolvem actualmente na escola e sobre as possibilidades de construção de conhecimento que permitem. Neste contexto são abordadas:

- ? a concepção geral de trabalho prático;
- ? a tipologia das práticas laboratoriais, relacionada com os objectivos que se pretende atingir;
- ? a forma como são realizados os trabalhos práticos, nas nossas escolas, e as perspectivas sobre ensino que lhes estão subjacentes;
- ? as possibilidades de reestruturação dos trabalhos práticos, em consonância com as novas perspectivas sobre o ensino e a aprendizagem, de forma a melhorar a sua eficácia.

4.1. Distinção entre Trabalho Prático e Experimental - Tipologia dos Trabalhos Práticos, segundo os Objectivos da Actividade.

Adopta-se aqui, a classificação de Hodson (1994), no que respeita ao trabalho prático. Este autor refere a aprendizagem como um processo activo, em que os estudantes reconstróem o seu próprio entendimento, à luz das suas experiências. Para tal, preconiza a utilização de uma gama de métodos de aprendizagem muito mais vasta do que a habitualmente utilizada em ensino secundário. Hodson (1994), classifica como trabalho prático qualquer actividade em que os alunos estejam envolvidos de uma forma activa, realizando a sua aprendizagem por experiência directa. Neste sentido, propõe um conjunto de actividades tais como: actividades interactivas baseadas no uso do computador, análises de casos, entrevistas, debates, representação de papeis, escrita de trabalhos de vários tipos, elaboração de modelos e cartazes, investigação na biblioteca, realização de fotografia e vídeos.

O trabalho prático, assim definido, não obriga à sua realização num local específico, podendo ser realizado no laboratório, no campo ou numa qualquer sala de aula. A designação “trabalho prático laboratorial”⁸ implica a utilização de um laboratório com material específico, podendo envolver uma gama diversificada de actividades. Esta terminologia permite distinguir o trabalho prático laboratorial de outros trabalhos práticos, nomeadamente do trabalho de campo.

4.1.1. O que se Pretende com o Trabalho Prático Laboratorial

Hodson (1994) classifica em cinco categorias, os objectivos propostos pelos professores para desenvolver trabalhos práticos laboratoriais:

- ? para motivar, mediante a estimulação do interesse e a diversão;
- ? para desenvolver atitudes científicas e não emitir juízos apressados.
- ? para ensinar procedimentos laboratoriais;
- ? para intensificar a aprendizagem dos conhecimento científicos;
- ? para proporcionar uma ideia sobre o método científico e desenvolver habilidades na

⁸ Hodson (1994), refere que os termos *trabalho de laboratório* (expressão usada na América do Norte), *trabalho prático* (mais usado na Europa, Austrália e Ásia) e *experiências* são empregues, praticamente, como sinónimos, no que respeita ao trabalho prático realizado em laboratório.

sua utilização.

Hodson (1994), adoptando uma perspectiva construtivista (na linha do Ensino por Mudança Conceptual), faz notar que estes objectivos nem sempre são alcançados com as actividades implementadas, expondo o seguinte:

? A motivação dos alunos depende do tipo de trabalho prático proposto: é habitual propor aos alunos mais jovens investigações pessoais pouco estruturadas, enquanto se pede aos alunos mais velhos (no momento em que lutam por afirmar a sua individualidade), que realizem exercícios práticos segundo direcções explícitas, o que faz diminuir o interesse pelas actividades com a idade. O que todos os alunos parecem valorizar é o desafio cognitivo.

? No que respeita às atitudes “científicas” Hodson refere que o esforço em dar as “respostas correctas” e a preocupação pelo “que deve suceder” que caracterizam muitas práticas de laboratório na escola levam à manipulação de dados para assegurar a “resposta certa”. Estas atitudes, fomentadas pelas práticas tradicionais distanciam-se portanto de atitudes “científicas” de isenção e imparcialidade que se pretende que sejam adoptadas na execução dos trabalhos. No entanto, considera-se hoje que nem sempre os cientistas apresentam as atitudes “científicas” desejadas; segundo Barberá e Valdés (1996), citando Hodson, (1994) estas atitudes correspondem a uma imagem utópica do cientista, construída pela nossa sociedade: um homem maduro, imparcial, disposto a discutir e partilhar as suas ideias com os demais, que evita emitir juízos apressados e cuja objectividade está isenta de preconceitos. Actualmente, considera-se que é preferível apresentar o cientista com atributos de uma pessoa normal e explicar que qualquer pessoa pode desenvolver e construir pensamento científico.

? As outras categorias de objectivos propostas por Hodson (1994), estão directamente relacionadas com os processos a desenvolver para uma aprendizagem significativa das ciências. O autor chama a atenção para as habilidades a ensinar que devem ser seleccionadas, criteriosamente, para que não interfiram demasiado na aprendizagem global: “a aquisição de destrezas específicas pode revelar-se útil apenas para a realização de trabalhos práticos laboratoriais, em que as mesmas sejam necessárias”.

Propõe que o trabalho prático laboratorial seja planificado, de forma a ser relativamente fácil de executar, pelo desenvolvimento de experiências adequadas (com objectivos

claros e que funcionem) e que apresentem um nível de controlo e de independência suficientes. É fundamental que os alunos compreendam o objectivo da experiência ou as razões que levaram a escolher a técnica, que tenham tempo para trabalhar os conceitos em estudo e que desenvolvam o trabalho de forma a compreender a metodologia empregue. Importa evitar que os alunos desenvolvam uma compreensão incoerente ou distorcida da metodologia científica.

Hodson (1994) considera conveniente desenvolver o ensino da ciência segundo três aspectos:

- ? a aprendizagem da ciência – para adquirir e desenvolver conhecimentos teóricos e conceptuais;
- ? a aprendizagem sobre a natureza da ciência – para desenvolver um entendimento da natureza e dos métodos da ciência;
- ? a prática da ciência – para desenvolver conhecimentos técnicos sobre a investigação científica e sobre a resolução de problemas.

Desta forma, é enfatizada a necessidade de delinear diferentes estratégias de aprendizagem para atingir os diferentes objectivos do ensino das ciências. As actividades devem adaptar-se aos objectivos das lições concretas, de acordo com os aspectos do ensino da ciência visados e adoptar uma orientação construtivista, reflexiva e interactiva. As actividades delineadas para aprender ciência, aprender sobre ciência e praticar ciência, devem ser desenvolvidas de forma complementar na implementação do currículo para que se possam atingir todos os objectivos.

Um dos aspectos mais problemáticos do trabalho prático laboratorial é a sua idoneidade para a aprendizagem de conceitos teóricos, enquanto não se duvida da sua utilidade para a aprendizagem dos procedimentos científicos. As críticas à aprendizagem de conceitos teóricos em trabalhos práticos (Kirchner, 1992, e Hodson, 1994) surgem associadas à orientação destes trabalhos segundo a perspectiva do Ensino por Descoberta:

- ? para Hodson (1994), o trabalho prático laboratorial não é superior a outras actividades de ensino no que respeita à aprendizagem de conceitos, sendo apenas superior em relação à aprendizagem de procedimentos de laboratório.
- ? Kirchner (1992), citado por Barberá e Valdés (1996) considera que o trabalho prático laboratorial não permite melhorar o conhecimento teórico das disciplinas científicas, mas pode ser utilizado para introduzir os alunos na estrutura sintáctica do

conhecimento científico. Os autores justificam a incapacidade atribuída aos alunos de construir conhecimento, através do trabalho prático laboratorial da seguinte forma: Hodson (1994), enfatiza a falibilidade da observação e a dependência da experimentação em relação à teoria e Kirchner (1992) refere a interdependência entre teoria e experimentação no processo de fazer ciência. Ou seja, sem apoio dos textos teóricos, o aluno não consegue construir conhecimentos científicos, não realizando, portanto, uma aprendizagem de conceitos.

Outros autores (Izquierdo, Sanmartí et al., 1999, citando Gil, 1983), defendem que as actividades laboratoriais podem contribuir positivamente para a aprendizagem de conhecimentos conceptuais, propondo novas formas construtivistas de orientação das actividades: tanto para o Ensino por Investigação Dirigida como para o Ensino por Modelos o objectivo dos trabalhos práticos laboratoriais é a aprendizagem do “pensamento científico, teórico e não superficial” estreitamente vinculado à aprendizagem de factos, procedimentos e atitudes (p. 46).

Izquierdo, Sanmartí *et al.* (1999), adoptando a perspectiva do Ensino por Modelos, criticam as planificações das experiências escolares que têm como referência a investigação científica (preconizadas pelo Ensino por Investigação Dirigida), em vez de “serem um guião especialmente desenhado para aprender determinados aspectos das ciências, com o seu cenário próprio (laboratório escolar, alunos, materiais), muito diferente do de uma investigação científica”(p.45). Referem que os alunos, na escola não “fazem de cientistas, mas de cientistas escolares”. Neste contexto, defendem que o trabalho prático laboratorial é necessário à formação teórica dos alunos porque esta está indissoluvelmente ligada à formação experimental. Os autores chamam a atenção para o facto de os alunos não saberem aplicar os conhecimentos teóricos e “saber e não saber aplicar é não saber” (p.46).

Atendendo à idiossincrasia experimental das ciências, Barberá e Valdés (1996) propõem para a actividade prática laboratorial, concebida de uma forma holística, os seguintes objectivos específicos:

- ? proporciona experiência directa sobre os fenómenos, fazendo com que os alunos aumentem o seu conhecimento tácito e a sua compreensão acerca dos fenómenos naturais.
- ? permite comparar a abstracção científica já estabelecida com a realidade,

habitualmente mais rica e complexa, enfatizando, deste modo, a condição problemática da construção de conhecimento.

- ? familiariza os alunos com elementos de carácter tecnológico.
- ? desenvolve o raciocínio prático, no sentido de um comportamento social e interpretativo, que é necessário à *praxis*, permitindo que o aluno desenvolva progressivamente a compreensão do propósito que se persegue durante a própria actividade.

4.1.2. Tipologia dos Trabalhos Práticos Laboratoriais

A tipologia dos trabalhos práticos laboratoriais tem sido objecto de várias classificações, de acordo com as associações estabelecidas entre o tipo de trabalho e os objectivos a atingir. Grau, R. (1994) citando Caamaño (1993) e recorrendo à tipologia definida por Woolnough e Allsop (1985), classifica os diversos tipos de trabalho prático laboratorial, de acordo com os objectivos a desenvolver:

- 1) Experiências, que permitem uma familiarização com os fenómenos em causa;
- 2) Experiências ilustrativas ou demonstrações, para exemplificar princípios, comprovar leis ou melhorar a compreensão de conceitos operativos.
- 3) Exercícios práticos, através dos quais se desenvolvem estratégias de investigação, processos cognitivos, habilidades práticas e de comunicação;
- 4) Experimentação, para verificação de hipóteses;
- 5) Investigações, que permitem trabalhar, de forma semelhante à dos cientistas, na resolução de problemas.

? As experiências ilustrativas e os exercícios práticos visam a compreensão e a aprendizagem de conceitos científicos. São actividades planificadas para *aprender ciência*. Apresentam um baixo nível de investigação e são as que mais se realizam nas nossas escolas (Grau, R., 1994). Servem, ainda, para desenvolver conhecimento tácito sobre os fenómenos (Kirchner (1992, citado por Barberá e Valdés, 1996). Para os autores citados, o conhecimento tácito é “a consciência implícita, que nem sempre é verbalizada, sobre o que ocorre com um fenómeno e não sobre como ou por que ocorre” (p.370). Está em causa a percepção holística do fenómeno (o que implica uma atenção à interligação entre as variáveis que o condicionam), em toda a sua complexidade, nestas

experiências ilustrativas. Também Hodson (1994) refere o papel único do trabalho de laboratório em permitir aos alunos o desenvolvimento da experiência pessoal, sugerindo que se incentive os alunos a construir as suas ideias e a compará-las com as ideias referentes à experiência.

? A experimentação para verificar hipóteses e os trabalhos de investigação são actividades que têm como objectivos proporcionar conhecimentos e capacidades de investigação necessários à resolução de problemas (baseado em Grau, 1994). Os problemas elaborados são, geralmente, de dois tipos (segundo Hodson, 1994):

- Do tipo “engenharia”, para otimizar resultados desejados e interessantes;
- do “tipo científico”, para identificar e compreender as relações causais entre as variáveis.

A experimentação para verificar hipóteses e a investigação requerem, para a sua consecução, uma planificação e o desenvolvimento de uma metodologia experimental. No entanto, pode haver investigação sem experimentação: Hodson (1994), indica como exemplo a realização de estudos correlacionais (nos quais a consulta e manipulação de dados visa o estabelecimento de correlações e a procura sistemática de causa e efeito, podendo-se-lhe seguir a elaboração de teorias que proporcionem uma explicação). A experimentação para verificar hipóteses e os trabalhos de investigação são actividades centradas na *prática da ciência*, facultando aos alunos o desenvolvimento de processos de trabalho semelhantes aos utilizados em investigação científica. São as menos utilizados nas aulas, sendo no entanto, consideradas as que mais ajudam a aprender (Tamir e Garcia, 1992, citados por Izquierdo, Sanmartí et al., 1999).

4.2. O que se Tem Obtido com o Trabalho Prático Laboratorial

Nas nossas escolas continua, ainda hoje, a desenvolver-se trabalho prático apoiado nas perspectivas sobre o EPT e o EPD, pela implementação de trabalhos ilustrativos (exercícios e experiências) com o intuito de confirmar a teoria (EPT) ou de induzir os alunos a desenvolver o raciocínio para *chegar aos conceitos correctos* (EPD). As orientações descritas são desenvolvidas pelos professores e reforçadas, muitas vezes, pelos manuais escolares que promovem actividades práticas laboratoriais com baixo nível de indagação, do tipo “receita de cozinha”. Pode ainda dar-se o caso de haver uma insistência, por parte do professor, nos conceitos teóricos mas sem que sejam realizadas

as necessárias conexões entre a teoria e a prática.

Uma reflexão sobre a forma como decorrem, demasiadas vezes, as actividades práticas implementadas nas aulas leva a enunciar algumas características que impedem uma aprendizagem eficaz de conceitos, procedimentos e atitudes:

? Os alunos não são envolvidos no projecto e na planificação das *investigações experimentais laboratoriais* o que se traduz num trabalho com pouca utilidade do ponto de vista pedagógico; é o professor que define o trabalho e exerce o controlo sobre a identificação do problema, a geração de hipóteses, a planificação experimental e os métodos para manipular e interpretar os resultados. Nem sempre o aluno tem espaço para construir significado pessoal.

? Geralmente, as actividades práticas são extensas e complicadas, ocupando os alunos grande parte do tempo com habilidades manipulativas e procedimentos necessários à realização do protocolo experimental e remetendo para segundo plano a construção de conhecimento conceptual-processual que constitui o cerne da actividade. No que respeita à aprendizagem de conteúdos conceptuais-processuais, verificam-se, geralmente, os seguintes casos:

- Ou os *exercícios práticos* são desenvolvidos sem que os alunos realizem qualquer reflexão teórica sobre o trabalho, previamente à utilização da técnica, chegando o trabalho prático laboratorial a ser orientado como um meio de obtenção de informação ou de dados meramente factuais (de acordo com Praia, s/d, citando Lopes, 1994).
- Ou a teoria é comunicada pelo professor sem que haja, no início do trabalho, qualquer debate dos alunos sobre o tema. Mesmo quando é concedida alguma atenção aos conceitos em estudo, estes não são devidamente trabalhados nas actividades, dado que não são explicitamente integrados em processos de construção de conhecimento. Acresce o facto de a ficha de actividades, fornecida pelo professor ou constante do manual escolar, enfatizar apenas os processos manipulativos necessários ao desenvolvimento da técnica experimental, sendo parca ou mesmo omissa em referências ao desenvolvimento de acções de natureza conceptual-processual, o que pode induzir nos alunos a noção da sua secundarização.
- Verifica-se ainda que, geralmente, os professores consideram que os dados observados e registados pelos alunos são correctos, não estando afectados pelas suas

concepções – não é sentida a necessidade de “ensinar os alunos a ver” e a interpretar os factos de acordo com os modelos científicos em estudo, nem se atende às concepções prévias dos alunos ou às *interferências* (na acepção de Hodson, 1994) provocadas pelo excesso de processos desenvolvidos no trabalho.

Pode-se concluir que o trabalho prático realizado nas escolas é, em grande parte, ilustrativo, resumindo-se a experiências do tipo “receita”, apresentando graves deficiências, promovendo somente um tipo muito limitado de competências e conduzindo a uma pequena motivação dos alunos.

4.3. Como se Pode Desenvolver o Trabalho Prático Laboratorial ?

A concepção de um trabalho prático envolve uma definição precisa dos objectivos e do tipo de trabalho a realizar para os atingir. A actividade deve permitir desenvolver os conteúdos conceptuais-processuais e atitudinais, com o grau de complexidade adequado, de forma a promover o seu ensino sequencial, a nível do currículo da disciplina e do ciclo de estudos. Para tal, a sua planificação deverá atender ao seguinte:

? A ideia da interdependência entre teoria e experimentação deve nortear a concepção e implementação dos trabalhos práticos, de forma que os alunos possam construir conhecimento que sabem aplicar e a evitar que desenvolvam concepções sobre a ciência de natureza empirista e indutivista. Segundo Barberá e Valdés (1996), um erro grave da educação científica deve-se à ideia de que o trabalho experimental recapitula e comprova o conhecimento teórico, o que separa, em fases sucessivas e estanques, a actividade teórica e a experimental como se esta última fosse o passo definitivo e necessário para comprovar as instruções teóricas previstas.

As actividades propostas devem, portanto, favorecer a aprendizagem conjunta dos conteúdos conceptuais, processuais e atitudinais. Na planificação das práticas devem ser utilizados factos e fenómenos sobre os quais se possam fazer perguntas e levantar problemas que permitam ao aluno avaliar as suas ideias e os modelos científicos apresentados pelo professor, num tempo adequado ao desenvolvimento das actividades lectivas. Com estes trabalhos práticos, ensina-se o aluno a resolver problemas com critérios e procedimentos científicos, promovendo uma reorganização na forma de pensar e de agir (segundo García Barros, 2000).

? O ensino simultâneo de conceitos, processos e atitudes implica a sua organização

sequencial no currículo, de forma a que possam ser ensinados de uma forma progressivamente mais complexa. Os conteúdos processuais devem ensinar-se através de distintos tipos de actividades (Pro, 1998) e possuem valor educativo “per se”, podendo ser imprescindíveis para a conceptualização (García Barros, 2000).

4.3.1. Reformular as Actividades Práticas

A construção de conhecimento conceptual-processual do aluno deverá ser orientada, durante a realização do trabalho, de forma a permitir uma melhor compreensão e aplicação da teoria, assim como da metodologia de investigação científica.

Devem prevalecer os trabalhos práticos laboratoriais que integrem resoluções de problemas ou pequenas investigações, com diferentes graus de abertura, através dos quais os alunos possam construir conhecimento conceptual-processual e atitudinal.

4.3.1.1. Fazer os Trabalhos Práticos Mais Teóricos, pelo Desenvolvimento Interligado de Conteúdos Conceptuais e Processuais

A compreensão de uma teoria obriga à sua aplicação e não apenas à sua exposição em termos abstractos. García Barros (2000) refere que os alunos, por vezes, perante uma pergunta concreta que envolve a interpretação de factos segundo um modelo, respondem com os factos que percebem, não referindo o modelo explicativo mesmo que o conheçam: a uma interpretação do fenómeno respondem com exemplos sobre o fenómeno. Pode dar-se o caso de os alunos não perceberem o significado da articulação entre o modelo e os factos (para que serve ? quais as vantagens ? como se articula o conhecimento ?) para a interpretação da realidade segundo os modelos científicos. As hipóteses, regras ou leis, que vinculam os factos aos modelos, vão-se estabelecendo graças aos processos e às técnicas experimentais, se se reportam ao modelo, tal como é preconizado pelo Ensino por Modelos.

Torna-se pois, indispensável ensinar os alunos a estabelecer relações entre os fenómenos, os modelos e os conceitos teóricos (Hodson, D., 1994; Pro, A., 1998, Izquierdo, Sanmartí et al., 1999, Garcia Barros, 2000). O questionamento deve ser orientado nesse sentido.

Que exigências estão implicadas no ensino e na aprendizagem dos conteúdos processuais na aula e que elementos inovadores se introduzem com a presença de estes

conhecimentos ? A aprendizagem de conteúdos conceptuais está estreitamente associada à dos conteúdos processuais e deve ser realizada conjuntamente: “aprender um processo é aceder a uma forma mais complexa da matéria curricular” (Pro, 1998, p.23). Para Pro, (1998) a aprendizagem dos conteúdos processuais envolve uma interpretação conjunta de significados, elaborada pelos alunos e pelo professor. Muitas vezes, estes conteúdos estão implícitos, o que pode implicar o seu desconhecimento pelos alunos. Correspondem ao conhecimento tácito.

Os processos cognitivos⁹, geralmente mais trabalhados, de forma explícita, em trabalho laboratorial, diferem consoante o nível etário dos alunos: os mais jovens são, geralmente, incentivados a desenvolver capacidades de observação e de descrição do que vêem e os alunos mais velhos são instados a trabalhar o tema a nível conceptual, acentuando-se a formalização linguística sobre os modelos abstractos, supondo que os alunos têm maior capacidade para compreender o modelo e estabelecer autonomamente as oportunas relações com os factos (de acordo com García Barros, 2000).

? **Seleccção e Sequenciação dos Conteúdos Processuais**

O ensino de cada tipo de conhecimento curricular, quer seja conceptual, processual ou atitudinal, implica a tomada de pequenas decisões pelo professor em relação ao modo como são desenvolvidas (Pro, 1997). Assevera-se indispensável a procura de critérios de selecção e de sequenciação dos conteúdos processuais, bem como a planificação de estratégias de ensino e a elaboração de materiais de aprendizagem, relativamente a estes conteúdos. Tal como na aprendizagem de conteúdos conceptuais, em que os conteúdos aprendidos anteriormente são muitas vezes pré-requisitos de novas aprendizagens, os

⁹ Um processo é um conjunto de acções ordenadas, orientadas para a consecução de uma meta. Os conteúdos processuais englobam estratégias de investigação e destrezas (manipulativas e de comunicação). Uma destreza é uma habilidade para desempenhar uma acção específica e uma estratégia é um conjunto de processos mentais complexos, envolvendo conhecimento de conceitos e de destrezas e cuja finalidade é dar solução a um problema (Sevilla, 1994, citado por Pro, 1998). O conhecimento processual corresponde à habilidade dos alunos para resolver problemas práticos, a partir dos seus próprios recursos de destrezas e conceitos, sem receitas de um guião ou do professor. Requer conhecimentos de *destrezas* e conhecimentos de *conceitos de evidência* relativos aos conceitos associados à evidência obtida, à forma como são colectados os dados, à sua interpretação e à comprovação das hipóteses (baseado em Pro, 1998).

conteúdos processuais associados a aprendizagens, num domínio concreto, podem vir a constituir o conhecimento tácito requerido para a construção de novos conhecimentos, quer conceptuais, quer processuais. Pro (1998) refere uma recente linha de investigação sobre os conteúdos processuais implícitos nas actividades práticas e enfatiza a importância destes conteúdos processuais implícitos, sobretudo no caso de fazerem parte do currículo oficial do ensino obrigatório.

A selecção dos conteúdos processuais a utilizar deve fazer-se atendendo às suas características e aos alunos a que se destina. Nos níveis de ensino mais baixos, os conteúdos processuais a ensinar deverão ser muito simples, apresentando um baixo grau de complexidade cognitiva; deste modo, só devem ser ensinados alguns conteúdos processuais associados à investigação (formulação de hipóteses, utilização de diversas fontes, comparação de modelos e teorias) após o primeiro nível de escolaridade e de forma muito simples. A complexidade cognitiva dos conteúdos processuais deve ir aumentando, gradualmente e de forma sequencial, com o nível de ensino. Pro (1997) refere que, muitas vezes, só é referida a presença ou ausência de uma série de conteúdos processuais nas actividades, não sendo descritos o grau de dificuldade e o grau de complexidade com que deverá ser abordado cada conteúdo processual. O nível de complexidade cognitiva de um conteúdo processual depende, não só do próprio conteúdo processual, mas também do contexto em que é aplicado e dos pré-requisitos necessários à sua aplicação.

4.3.1.2. Fazer os Trabalhos Práticos Laboratoriais Mais Investigativos

A actividade prática pode ser orientada, basicamente, de duas formas distintas, que se encontram associadas ao Ensino por Modelos ou ao Ensino por investigação dirigida:

? Trabalhos Práticos Laboratoriais Baseados no Ensino por Modelos

Nos trabalhos práticos há momentos em que é necessário promover a aprendizagem de teorias, o que implica que o professor apresente os modelos e seleccione as situações que permitem ao aluno avaliar a capacidade explicativa dos mesmos, comparando-a com os próprios modelos pessoais. O aluno terá que utilizar os procedimentos argumentativos e as habilidades linguísticas correspondentes (segundo García Barros, 2000).

A perspectiva do Ensino por Modelos, desenvolvida neste quadro teórico (baseada em Izquierdo, Sanmartí et al., 1999, García Barros, 2000, Izquierdo, 2000, Pozo e Gomez, 2000), permite conceber novas formas de realização dos trabalhos práticos de índole ilustrativa. Estas actividades práticas podem ser híbridas, fundamentalmente experiências, aliadas à resolução de pequenos problemas que deverão ser bem explicitados, para que haja construção de conhecimento conceptual-processual. Neste contexto, o trabalho experimental fornece um campo de acção, no qual os grupos de alunos podem:

- Falar sobre o tema de forma livre, interpretando-o à sua maneira, emitindo opiniões, construindo verbalmente ideias, de forma tentativa, e elaborando o seu primeiro modelo sobre o tema. Este surge da interligação dos conhecimentos anteriores dos alunos com os novos conhecimentos, veiculados pelo livro ou pelo professor. O questionamento do professor deverá incentivar o aluno a explorar conceptualmente a construção do fenómeno, a descrever as características operacionais do modelo (como possíveis variáveis) e a fazer previsões sobre “o que vai acontecer” ou sobre “o que pode acontecer” se se modificar a relação entre as variáveis; importa orientar a percepção que os alunos têm do fenómeno e a interligar a compreensão teórica do modelo com as possíveis modificações do fenómeno. O fenómeno pode exemplificar um dos aspectos possíveis do modelo.
- Testar os modelos que eles próprios constróem sobre o assunto e cujas características nem sempre são bem explicitadas. O trabalho experimental surge, portanto, como uma forma de dar a conhecer aos alunos, o modelo que elaboram. Isto é particularmente relevante porque o conhecimento que têm do tema pode revestir formas mais ou menos tácitas ou implícitas. Embora o professor possa, ocasionalmente supor que o “seu modelo” (modelo científico que é o objecto de ensino) está a ser testado experimentalmente, de facto, os alunos (quando são alunos atentos e empenhados) estão a trabalhar experimentalmente as ideias que construíram até ao momento.
- Os “resultados errados” podem, desta forma, ser explorados para gerar conhecimento tácito sobre o modelo, não sendo imperiosa a necessidade de obter “resultados certos”. Esta utilização dos resultados dos alunos permite uma reavaliação de todo o processo desenvolvido, promove os necessários confrontos e

interrogações entre o objectivo inicial do trabalho e o trabalho efectuado e repolariza a aprendizagem, a partir das dificuldades dos alunos. Qualquer resultado proveniente de uma *experiência* bem planeada é passível de ser interpretado à luz dos conceitos e técnicas envolvidos e permite construir conhecimento pessoal, podendo englobar os níveis conceptual, metodológico e atitudinal.

O ensino por modelos “reabilita” as actividades ilustrativas ou as pequenas investigações parciais que podem facilitar a construção de conhecimento conceptual-processual, sem que seja necessário realizar complexas investigações, mais morosas e, provavelmente, de mais difícil compreensão para muitos alunos.

? Trabalhos Práticos Laboratoriais Baseados no Ensino por Investigação Dirigida

Há outros momentos em que é necessário insistir no desenvolvimento de procedimentos investigativos. Estes realizam-se através de actividades de investigação e de resolução de problemas (análise de problemas, formulação de hipóteses, planificação do protocolo), permitindo desenvolver conhecimentos sobre a natureza da ciência. O aluno deverá tomar decisões para resolver problemas, utilizando critérios e procedimentos científicos, mas as actividades devem adaptar-se aos interesses do aluno e dispor de uma orientação adequada do professor (Grau, 1994, citado por García Barros).

4.4. Níveis de Investigação dos Trabalhos Práticos

Para Grau, R. (1994) o trabalho prático pode ser realizado segundo quatro níveis diferentes de investigação, de acordo com as características das actividades propostas:

- Nível 0 – é dado aos alunos: o problema, o método a seguir e a resposta a obter; não há investigação.
- Nível 1 – é dado aos alunos: o problema e o método a seguir, cabendo-lhe dar a resposta. O grau de autonomia dos alunos é baixo e a investigação nula ou diminuta. Estas actividades ajudam a desenvolver a capacidade de resolver perguntas aplicando um método dado ou a desenvolver segurança no domínio de técnicas experimentais.
- Nível 2 – é dado aos alunos: a pergunta a que deve responder. Os alunos devem planificar a experiência e mobilizar as estratégias necessárias à identificação de

variáveis, à planificação do controle e à determinação das medidas a realizar, para construir a resposta

- Nível 3 – nada é fornecido aos alunos, que devem: escolher o tema a investigar, formular a pergunta a que pretendem dar resposta, planificar o protocolo experimental, executá-lo, interpretar os dados e tirar conclusões. Trata-se de um verdadeiro trabalho de investigação, que implica um elevado grau de autonomia.

A implementação das investigações deve ser feita de forma a aumentar gradualmente o grau de dificuldade, ensinando os alunos a realizar, sucessivamente, trabalhos mais complexos. Os trabalhos de investigação de nível 2 e 3 são difíceis para os alunos. A construção de conhecimento, desenvolvida desta forma, depende de um vasto conjunto de parâmetros interligados, de entre os quais se destacam: 1) a compreensão dos conceitos implicados na investigação; 2) os procedimentos, associadas ao tipo e nº de variáveis, grau de complexidade e de controlos; 3) o grau de autonomia em relação à planificação do protocolo experimental.

Interessa orientar a realização dos trabalhos de modo a permitir uma progressiva autonomização dos alunos, sem esquecer a necessária interligação dos parâmetros mencionados. Para tal, Grau, R. (1994) propõe:

- a realização de pequenas investigações parciais em que os alunos devem tomar decisões sobre alguns aspectos da planificação experimental;
- a preparação de um guia de investigação orientando todo o trabalho dos alunos através do questionamento. Trata-se, neste caso, de uma investigação dirigida em que as perguntas dizem respeito aos processos a desenvolver durante a actividade experimental, devendo ser abordados: 1) o problema que se investiga; 2) as hipóteses formuladas como resposta ao problema; 3) os procedimentos adequados à confirmação da hipótese escolhida; 4) a distinção das variáveis dependentes e independentes; 5) os controlos utilizados na experimentação; 6) a forma de interpretar os resultados; 7) os instrumentos ou técnicas utilizados; 8) a elaboração do relatório sobre o trabalho.

? **Progressão na Complexidade das Investigações**

A actividade de investigação obriga a uma aplicação simultânea de conhecimento funcional de conceitos e de técnicas de laboratório, de destreza manual e de capacidades

de investigação. Estes parâmetros devem ser conjugados de forma a criar actividades de investigação com o grau de complexidade adequado aos alunos.

A capacidade de investigação está directamente relacionada com os conhecimentos do aluno. É a partir do que sabe que o aluno formula as suas hipóteses de trabalho experimental. A validade das hipóteses depende, portanto, do conhecimento que o aluno tenha sobre o fenómeno em estudo. Grau, R. (1994) propõe que as investigações iniciais dos alunos sejam muito simples, restringindo o número de conceitos a aplicar, o número de variáveis dependentes e independentes envolvidas e simplificando as técnicas e os instrumentos a utilizar. Os parâmetros envolvidos devem variar da seguinte forma:

- Contexto – do mais familiar para o menos familiar;
- Conteúdo conceptual – da aplicação de um único conceito científico para a aplicação de um conjunto de conceitos relacionados;
- Variável independente – do trabalho com uma variável para o trabalho com várias variáveis, iniciando-se com variáveis categóricas e progredindo para variáveis contínuas;
- Variáveis dependentes – iniciar com variáveis que é possível avaliar sem recurso a medições complicadas e progredir para variáveis em que é necessário medir recorrendo a técnicas ou a aparelhos mais sofisticados.
- Em actividades cujo objectivo é aprender a investigar não é prioritário desenvolver novos conteúdos.

5. Súmula do Quadro Teórico

O aluno constrói o seu conhecimento científico de acordo com os significados que consegue elaborar a partir das suas vivências, quer escolares, quer extra-escolares. É esse conhecimento que lhe permite realizar os trabalhos escolares e participar na sociedade em que se insere. À escola (a nível do ensino básico e secundário) compete a formação científica inicial dos alunos, devendo proporcionar-lhes os ambientes didácticos adequados a essa construção de significado, incrementando progressivamente a compreensão e a utilização de linguagens científicas¹⁰. A disciplina de TLBI

¹⁰ O conhecimento científico construído em cada disciplina tem uma orientação própria, apresentando uma diferente forma de “ver os fenómenos” e interpretando a realidade de acordo com conceitos-

preconiza uma construção do conhecimento científico orientado segundo a lógica própria do mundo vivo. É, pois, necessário criar actividades que permitam aos alunos conceber modelos biológicos e interpretar fenómenos relativos à vida, de acordo com as suas particularidades. As actividades escolares propostas devem incentivar a curiosidade e a criatividade do aluno, implicando-o na tarefa, de forma a que este mobilize e desenvolva os seus conhecimentos e as suas capacidades, de uma forma global.

A aprendizagem como construção pessoal, promove a elaboração dos trabalhos escolares com maior liberdade e criatividade, mantendo-se, no entanto, o rigor e a exigência, quanto ao nível do conhecimento conceptual-processual e atitudinal a desenvolver. Esta elaboração pode implicar que o aluno realize opções a diversos níveis, envolvendo a selecção de tarefas, de conteúdos ou de estratégias necessários à realização do seu trabalho, de acordo com as suas aptidões, interesses e valores. Como consequência, cabe ao professor aceitar e valorizar o trabalho em fase de construção dos alunos, não definitivo, provisório e com erros, que reflecte diferenças individuais. O professor deve incentivar e orientar os seus alunos na realização destas “etapas intermédias”, promotoras da construção de conhecimento e do desenvolvimento de capacidades pessoais.

A Construção de Conhecimento em Trabalho Prático Laboratorial

As actividades experimentais laboratoriais devem permitir ao aluno reconstruir um modelo biológico sobre o tema em estudo, pelo trabalho simultâneo e interligado de três domínios diferentes: a representação abstracta do fenómeno, a acção laboratorial desenvolvida e a discussão dos resultados dessa acção. O aluno deve ser incentivado a pensar e agir, a reflectir e a dialogar sobre o tema ou o trabalho em causa e a reformulá-lo ou a propor ou a novas aplicações.

Os trabalhos práticos laboratoriais devem apresentar-se como actividades de resolução de problemas ou como pequenas investigações que constituam um desafio cognitivo para os alunos e apresentem um grau de abertura adequado, de forma a que estes possam construir conhecimento conceptual-processual e atitudinal. Os diversos conteúdos devem ser objecto de um ensino sequencial, com um grau de complexidade

crescente, de forma a evitar *interferências* (Hodson, 1994) e a permitir que numa actividade, os alunos possam articular conteúdos conceptuais-processuais e atitudinais num todo coerente.

Os problemas devem ser abertos, implicando a utilização de conhecimentos teóricos na sua resolução mas sem que seja conhecida a solução de antemão. Os alunos devem seleccionar os dados implicados no problema, tendo em atenção a interligação e a variabilidade dos factores causais, tão comum em estudos sobre seres vivos. O professor assume aqui um papel fundamental, dado o seu conhecimento tácito sobre o assunto, podendo orientar por meio de um questionamento as diversas etapas que impliquem 1) uma selecção, formulação ou interligação de ideias a aplicar no trabalho; 2) os métodos aplicados e 3) os resultados dessa aplicação. Desta forma importa ao professor:

- ☞ envolver os alunos na concepção da actividade experimental, implicando-os na formulação dos objectivos do trabalho ou das perguntas a resolver, bem como na criação de hipóteses de resolução;
- ☞ orientar a planificação por meio de perguntas que discriminem o tratamento científico das hipóteses de trabalho formuladas, a nível das condições da experimentação, das variáveis ou dos controlos envolvidos e da previsão dos resultados esperados em função da aplicação do modelo em causa.
- ☞ Orientar a interpretação dos resultados segundo o modelo, atendendo aos métodos efectivamente utilizados. Durante o trabalho experimental laboratorial é importante a discussão e interpretação dos significados do que os alunos fazem ou vêem, de forma a que os alunos possam construir conhecimento conceptual-processual.

Globalmente, o trabalho experimental laboratorial, deve ser relativamente fácil de executar, pelo desenvolvimento de experiências adequadas, com objectivos claros e que funcionem e apresentando um nível de controlo e de independência suficientes. Pode incidir, preferencialmente, no desenvolvimento de estratégias de investigação ou na aprendizagem de conhecimento teórico. Se o nível de investigação for elevado, o trabalho experimental deve abordar temas já estudados para evitar uma complexidade excessiva; da mesma forma, se o assunto em estudo for novo, a actividade experimental deverá apresentar um nível de investigação mais baixo, visando uma maior compreensão / aplicação do modelo em estudo.

CAPÍTULO III - METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO

Introdução

Este capítulo debruça-se sobre a investigação desenvolvida: descreve a orientação seguida, caracteriza os seus principais instrumentos, o contexto em que se realiza, explicita os tipos de tratamento de dados e expõe o plano de trabalho.

- ? É justificada a opção por uma investigação qualitativa, considerada fundamental e adequada às hipóteses de trabalho formuladas e aos objectivos que se pretende alcançar.
- ? É caracterizado o contexto, pela descrição da escola e da turma em que se realiza a investigação.
- ? É feita a caracterização das actividades de experimentação, desenvolvidas sob a forma de dois trabalhos experimentais laboratoriais: o primeiro trabalho é um exercício prático, de natureza ilustrativa, e o segundo trabalho é uma investigação dirigida. A justificação das opções tomadas na construção das actividades de experimentação é apoiada pelas hipóteses de trabalho explicitadas.
- ? É feita a caracterização dos três tipos de instrumentos de investigação utilizados: 1) dos questionários a administrar; 2) dos relatórios elaborados nas actividades de experimentação; 3) das duas séries de perguntas sobre a 2ª actividade de experimentação.
- ? São enunciados os tipos de tratamentos de dados a efectuar, bem como os critérios de análise utilizados.

1. Opções Metodológicas

Optou-se por uma investigação qualitativa, por ser mais adequada ao tema em estudo. Neste tipo de investigação, as questões são formuladas com o objectivo de investigar os fenómenos em toda a sua complexidade e no seu contexto natural. É privilegiada, essencialmente, a compreensão dos comportamentos a partir da perspectiva dos sujeitos da investigação. A investigação qualitativa apresenta as seguintes características, segundo Bogdan e Biklen (1994):

- É descritiva: os dados incluem transcrições dos trabalhos dos alunos. A palavra escrita assume especial importância na abordagem qualitativa, tanto para o registo de dados como para a disseminação dos resultados.
- Os dados devem ser recolhidos em situação e complementados através da informação que se obtém por contacto directo. O contexto em que os dados são recolhidos é fundamental, dado que o comportamento humano é significativamente influenciado pelo contexto.
- Privilegia os processos em relação aos produtos finais. Importa perceber como os alunos desenvolvem ou elaboram os seus conhecimentos, passando as classificações obtidas para segundo plano.
- As perguntas a investigar são formuladas, em parte, durante a investigação. Estas poderão surgir do contacto com o objecto de estudo ou após a recolha de dados porque se está a construir um quadro que vai ganhando forma à medida que se recolhem e examinam as partes envolvidas. Parte do estudo pode ser utilizado para perceber quais são as questões mais importantes.
- Privilegia o significado atribuído por diferentes pessoas - ao apreender diferentes perspectivas, a investigação qualitativa ilumina sobre a dinâmica interna das situações, muitas vezes invisível ao observador exterior.

2. Contexto da Investigação

2.1. Caracterização da Escola⁹

A Escola Secundária do Castelo Amarelo, em que se efectuou o presente estudo, integra-se num complexo escolar situado na vila do Castelo Amarelo, numa zona pouco urbanizada. É de construção recente, encontrando-se em funcionamento há oito anos. Serve as freguesias do concelho, principalmente da vila de onde são oriundos 57% dos seus alunos. No ano lectivo de 1999/ 2000 foi frequentada por 967 alunos, distribuídos por 38 turmas, integrando o 3º ciclo e o ensino secundário.

O meio onde a escola se insere tem vindo a desenvolver-se muito, no que respeita ao aumento da população e ao seu nível sócio-económico tendo, as características

⁹ De acordo com o Projecto Educativo da Escola

marcadamente rurais, vindo a esbater-se, face a uma formação recente de novos pólos urbanísticos e a um forte crescimento da indústria e do comércio.

O ambiente vivenciado pelos elementos da Escola é bom. Para tal, contribuem inúmeros factores, tais como o ambiente familiar tradicional da maioria dos alunos, a localização da Escola longe do centro, (o que contribui para afastar os alunos de situações de risco), o cuidado na conservação e embelezamento dos espaços escolares e boas relações interpessoais entre aqueles que convivem regularmente na Escola.

2.1.1. Recursos Humanos e Materiais Disponíveis para a Leccionação de TLBI

A escola dispõe de dois laboratórios, de um biotério e de uma sala para limpeza do material. No ano lectivo de 1999/2000 existiram os recursos materiais necessários à leccionação de TLBI ; quanto a recursos humanos, uma das funcionárias encarregada do bloco assegurou os serviços mínimos necessários ao bom andamento dos trabalhos.

2.2. Caracterização da Turma¹⁰ no Início do Ano Lectivo de 1999 / 2000

A turma é constituída por 27 alunos, sendo 17 raparigas e 10 rapazes. A média de idades é de 15,4 anos. Os respectivos alunos serão designados por números, para garantir o anonimato.

A turma foi seleccionada em função da sua heterogeneidade, apresentando os seus elementos uma grande variabilidade no que respeita às classificações obtidas e ao interesse e trabalho desenvolvidos nas aulas, pelo que poderá ser indiciadora da actuação de um conjunto alargado de alunos que frequentam o 10º Ano. Atendeu-se, também, ao facto de os alunos serem considerados bem comportados e manifestarem uma postura correcta e disponível para desenvolver as tarefas propostas.

2.2.1. Meio Familiar e Sócio-económico

Todos os alunos vivem com os seus pais, irmãos e, em alguns casos, avós (com excepção de uma aluna cujo pai faleceu). Predominam os agregados familiares com dois filhos.

¹⁰ Dados obtidos a partir das fichas biográficas dos alunos e das avaliações efectuadas nos finais de período.

As habilitações literárias dos pais correspondem, na maioria dos casos, à escolaridade básica - 66,5% dos pais e 51,8% das mães possuem o 4º ou o 6º anos de escolaridade. Regista-se apenas o caso de um aluno cujos pais têm o 12º ano de escolaridade e de um outro, cujos pais são licenciados (o pai é professor na escola).

Cerca de 60% dos pais e mães trabalham como operários (incluindo operários especializados) e 26% dos pais são comerciantes ou empresários. Um pai e uma mãe de dois alunos encontram-se desempregados.

2.2.2. Perfil de Interesses dos Alunos

Embora frequentemente, actualmente, o décimo ano da via de ensino, alguns alunos não têm ainda uma noção do que pretendem seguir, ajustada aos seus interesses e às suas capacidades pessoais. Apesar de frequentarem um curso predominantemente orientado para o prosseguimento de estudos, e, portanto, vocacionado para a formação de futuros cientistas ou técnicos científicos especializados, verifica-se um certo alheamento de alguns alunos face ao estudo de temas científicos. No que respeita aos seus projectos futuros, 24 alunos afirmam que gostariam de tirar um curso superior e 2 um curso correspondente a um bacharelato. Apenas dois alunos referem como meta o 12º ano.

No que concerne ao tipo de aulas preferidas, a maioria dos alunos indica o trabalho de grupo e as aulas dialogadas, em detrimento das aulas expositivas e de trabalho individual.

A Matemática, o Português e o Inglês são as disciplinas consideradas mais difíceis.

No que respeita ao trabalho desenvolvido para além das aulas, treze alunos estudam uma hora ou menos, por dia e catorze alunos afirmam que estudam mais de uma hora por dia.

2.2.3. Percurso Escolar

Dezoito alunos transitaram sempre de ano. Dos restantes, 5 alunos reprovaram uma vez e 4 reprovaram duas vezes, ao longo do seu percurso escolar. Deste conjunto, 4 alunos encontram-se a repetir o 10º ano, havendo um caso de bi-repetência.

2.2.4. Currículo Programático

A turma escolhida é do décimo ano, do 1º Agrupamento e apresenta como disciplinas de

formação técnica TLBI e TLQI (Técnicas Laboratoriais de Química). Os alunos frequentam todas as disciplinas de formação geral, específica e técnica (salvaguardando 3 alunos que não se inscreveram em Educação Física). A língua estrangeira da formação geral é Inglês VII para todos, havendo onze alunos que têm ainda uma segunda língua estrangeira (Francês – Iniciação), dado não a terem frequentado no 3º Ciclo. As aulas são assistidas em conjunto, às várias disciplinas, com excepção de parte das aulas de C.T.V. (Ciências da Terra e da Vida) e de C.F.Q. (Ciências Físico-Químicas) e de todas aulas de Técnicas Laboratoriais em que a turma, dividida em dois grupos, frequenta a disciplina por turnos. Onze alunos frequentam as aulas de EMRC (Educação Moral e Religiosa Católica) não se leccionando na escola a disciplina de DPS (Desenvolvimento Pessoal e Social).

2.2.5. Classificações Obtidas pelos Alunos

Embora tenha alunos com classificações elevadas, no geral, estas são baixas. Muito alunos apresentam lacunas graves em conhecimentos básicos, a nível da língua-mãe e do raciocínio abstracto, com reflexos no aproveitamento à maioria das disciplinas. Estes factos foram explicitados de uma forma mais precisa durante as reuniões de avaliação. Assim, no final do 1º período foram enunciadas, pela maioria dos docentes, algumas carências graves, tais como, dificuldades de compreensão, interpretação e expressão oral e escrita, que leva a uma produção de texto com intenções comunicativas diferentes, dificuldades em utilizar a matemática na interpretação e intervenção no real, falhas na associação de conceitos e dados relativos a situações-problema propostas, falhas na discriminação de dados e de incógnitas, deficiências na interpretação de enunciados e dificuldades básicas ao nível da abstracção e da síntese. As dificuldades enunciadas irão condicionar os resultados das actividades de experimentação. Optou-se por caracterizar os alunos quanto à classificação geral, envolvendo todas as disciplinas por se considerar, esta, a forma de avaliação mais abrangente. O critério utilizado foi o número de negativas obtidas durante os períodos escolares, do presente ano lectivo. As classificações do 3º período atribuídas no final do ano lectivo, foram adicionadas posteriormente. Os 4 grupos formados apresentam diferentes níveis de classificação geral, que são considerados indicadores da maior ou menor facilidade de aprendizagem.

ALUNOS	1º PERÍODO	2º PERÍODO	3º PERÍODO	
Grupo I Sem negativas	7 alunos 1, 3, 8, 12, 20, 21, 27	6 alunos 1, 8, 12, 20, 21, 27	7 alunos 1, 8, 12, 20, 21, 24, 27	12 alunos transitaram de ano
Grupo II Com 1 a 2 negativas	3 alunos 13, 24, 28	4 alunos 3, 13, 24, 28	5 alunos 3, 11, 13, 26, 28	
Grupo III Com 3 negativas	2 alunos 11, 26	3 alunos 11, 15, 26	1 aluna 14	9 alunos ficaram retidos
Grupo IV Com 4 a 8 negativas	9 alunos 7, 9, 14, 15, 16, 17, 19, 23, 25	8 alunos 7, 9, 14, 16, 17, 19, 23, 25	8 alunos 7, 9, 15, 16, 17, 19, 23, 25	

Quadro 2 – Agrupamento dos alunos que frequentam TLBI, de acordo com o número de classificações negativas atribuídas.

Verifica-se que os valores apresentados no quadro 2 variam pouco durante os 3 períodos escolares, podendo considerar-se relativamente constantes. Como o trabalho de investigação foi realizado durante o 3º período, serão esses os valores tomados como referência.

Dadas as características específicas de avaliação da disciplina de TLBI, em que a participação não diferenciada (activa ou passiva) dos alunos nas actividades realizadas, maioritariamente, em grupo contribui substancialmente para a obtenção de classificação positiva à disciplina, é importante dispor de um critério de classificação geral de cada aluno para comparar com a sua evolução individual a TLBI durante a investigação. Esta comparação torna-se mais importante nos casos de alunos cuja classificação positiva a TLBI depende do trabalho de grupo, em que se verifica uma grande disparidade entre a nota de trabalhos individuais e a obtida em trabalhos de grupo; não tem grande significado em alunos que apresentam uma classificação semelhante, quer seja obtida em grupo quer individualmente.

? Resultados Finais, a Nível Geral

Verificaram-se dois casos de abandono escolar, ao longo do ano. Dos alunos que frequentaram a turma, treze transitaram de ano e doze ficaram retidos. No total dos alunos da turma, 48,1 % transitou e 51,8% não transitou de ano. Do grupo que transitou,

apenas 7 alunos ficaram aprovados a todas as disciplinas, apresentando os 6 restantes, classificação negativa a uma ou duas disciplinas.

? **Classificações Obtidas em TLBI e em CTV**

Obtiveram classificação positiva a TLBI dezasseis alunos, dos vinte e um que frequentaram a disciplina, o que perfaz 76 %.

A anexação das classificações obtidas a CTV, ao quadro 3, visou fornecer um termo de comparação com as obtidas a TLBI. A comparação justifica-se dado as duas disciplinas apresentarem um tronco de conteúdos programáticos comum.

O quadro 3 apresenta as classificações obtidas pelos alunos às disciplinas de TLBI (ao longo do ano), CTV (somente a classificação interna) e a classificação geral, no que respeita à progressão do aluno e às classificações negativas atribuídas. A classificação interna, CI, corresponde à classificação obtida pela frequência da disciplina, incluindo a classificação obtida na prova global; PG representa a classificação obtida na prova global.

	CLASSIFICAÇÃO A TLBI					CLASSIFICAÇÃO A CTV	CLASSIFICAÇÃO GERAL
	1º período	2º período	3º período	PG	CI	CI	O aluno transita para o 11º ano ou fica retido
Nº1	16	17	18	18	18	17	Transita de ano
Nº3	12	11	11	10	11	12	Transita de ano
Nº7	10	11	10	9	10	8	Retida (4 negativas)
Nº8	16	18	19	17	19	17	Transita de ano
Nº9	8	6	6	5	6	*	Retida (7 negativas)
Nº11	12	12	14	13	14	11	Transita de ano
Nº12	15	15	17	18	17	15	Transita de ano
Nº13	12	13	14	13	14	11	Transita de ano
Nº14	10	11	10	10	10	7	Retida (3 negativas)
Nº15	12	13	10	9	10	8	Retida (4 negativas)
Nº16	8	9	9	6	8	7	Retido (8 negativas)
Nº17	10	11	10	9	10	8	Retido (5 negativas)
Nº19	11	9	7	7	7	9	Retida (3 positivas)
Nº20	14	16	18	18	18	18	Transita de ano
Nº21	15	15	15	16	15	*	Transita de ano
Nº23	9	6	8	9	8	7	Retido (4 negativas)
Nº24	13	11	10	13	11	13	Transita de ano
Nº25	10	7	7	7	7	8	Retido (6 negativas)
Nº26	11	10	10	9	10	11	Transita de ano
Nº27	14	15	17	16	17	17	Transita de ano
Nº28	13	12	15	17	16	13	Transita de ano

Quadro 3 – Classificações obtidas a TLBI (ao longo do ano), a CTV (CI) e classificação geral (no que respeita à progressão do aluno e às classificações negativas atribuídas). * Não tem CTV.

3. Actividades de Experimentação

As actividades de experimentação são desenvolvidas durante a leccionação da Unidade Enzimas, a decorrer durante o 3º período, de acordo com a planificação das actividades exposta no anexo 1. Esta planificação está de acordo com as orientações expressas no Documento de Proposta de Organização Curricular para as Técnicas Laboratoriais de

Biologia, apresentado pelo GETAP, Ministério da Educação.¹¹

? **Orientação da leccionação da Unidade Enzimas e Opções Didáticas Tomadas**

A leccionação da Unidade Enzimas apoia-se nas perspectivas construtivistas de ensino, sendo as actividades de aprendizagem desenvolvidas com a seguinte orientação:

- a) Como introdução e desenvolvimento teórico inicial do tema, apresentando o modelo ENZIMAS aos alunos, optou-se pelo Ensino de orientação construtivista segundo Ausubel, sendo fornecidas fichas de actividades aos alunos como diagnóstico das suas ideias prévias e apoio à sua construção de conhecimento. Considera-se que o novo modelo sobre “enzimas como catalisadores biológicos” deve ser previamente explicitado aos alunos, pelo professor, por forma a que estes possam estudá-lo experimentalmente. Os conceitos de proteínas e de catalisadores inorgânicos que são pré-requisitos da aprendizagem da unidade enzimas, já tinham sido estudados experimentalmente. A construção do novo modelo “enzimas como catalisadores biológicos” deve integrar os conhecimentos provenientes destes modelos anteriores e associá-los às novas propriedades específicas das enzimas, em estudo experimental.
- b) Na realização dos trabalhos experimentais laboratoriais pretende-se que os alunos adotem a forma de construção de conhecimento preconizada pelo Ensino por Investigação Dirigida. Ou seja, que em domínios concretos e trabalhando conteúdos conceptuais específicos (com o apoio dos textos e do professor), os alunos possam (re)construir sistemas conceptuais mais abrangentes. Esta construção implica a interligação de conhecimentos anteriores (que são pré-requisitos) aos conhecimentos conceptuais-processuais em estudo e à utilização de uma metodologia de investigação no desenvolvimento do trabalho. Para tal, os alunos dispõem dos manuais escolares e das fichas de actividade (em que apenas a 2ª ficha contém perguntas orientadoras).

3.1. Objectivos e Hipóteses de Trabalho das Actividades de Experimentação

Pretende-se caracterizar a construção de conhecimento realizada pelos alunos, em

¹¹ Ministério da Educação, GETAP, “ Técnicas Laboratoriais de Biologia – Organização Curricular”, Cursos Predominantemente Orientados para o Prosseguimento de Estudos – Componente de Formação Técnica, 1ª Versão, Março de 1992.

trabalho experimental laboratorial, nas seguintes condições:

- 1ª actividade de experimentação – a ficha de actividades fornecida não contém perguntas escritas que orientem os grupos de alunos na realização do seu trabalho;
- 2ª actividade de experimentação – são integradas na ficha de actividades duas séries de perguntas visando orientar os alunos na realização do seu trabalho.

Ao desenvolver estes trabalhos experimentais laboratoriais apoiados por protocolos fornecidos, parte-se dos seguintes pressupostos:

a) Os grupos de alunos apresentam dificuldades em construir conhecimento em trabalho experimental laboratorial, de forma autónoma, a partir do lêem, do que vêem e das associações que conseguem estabelecer entre o que sabem e o que vêem:

- ☞ a partir do que lêem – o protocolo experimental fornecido apresenta, por vezes, problemas implícitos de cuja resolução depende a realização correcta do trabalho. A elaboração do contexto teórico que integra a selecção das características ou das variáveis mais significativas para o estudo a realizar, deve ser feita em função dos problemas a resolver quer sejam explícitos ou implícitos.
- ☞ A partir do que vêem – o que os grupos observam e registam, nem sempre corresponde às condições precisas em que foi executado o trabalho laboratorial nem aos resultados obtidos.
- ☞ A partir das associações que conseguem estabelecer entre o que sabem, o que lêem e o que vêem – a interpretação dos factos observados deve ser feita à luz do modelo concebido teoricamente podendo, no caso de haver falhas em qualquer das acções mencionadas, conduzir a uma construção de conhecimentos incorrecta.

b) A inserção de perguntas orientadoras no protocolo experimental fornecido apoia a construção de conhecimento pelos grupos de alunos em trabalho experimental laboratorial, permitindo-lhes desenvolver um estudo mais adequado da situação problemática, uma apreciação mais crítica dos resultados e uma visão holística do trabalho, tradutora de uma compreensão alargada do modelo em estudo, a nível conceptual - processual.

3.2. Caracterização da 1ª Actividade de Experimentação – Realização de um Exercício Prático

O primeiro trabalho experimental laboratorial apresenta, laboratorialmente, as enzimas aos alunos, “permitindo que estes contrastem os conhecimentos teóricos já obtidos, com a experiência directa sobre a actividade enzimática” (Barberá e Valdés, 1996). Reveste a forma de um exercício prático a efectuar segundo um protocolo tradicional (segundo Grau, 1994). Proporciona experiência sobre o fenómeno e permite o desenvolvimento de habilidades técnicas específicas, sem no entanto constituir, no seu todo, uma actividade de índole investigadora. Requer, para a sua consecução, um nível de pesquisa baixo e o grau de autonomia permitido, na elaboração do trabalho, é muito limitado.

No entanto, o trabalho apresenta um grau de dificuldade relativamente elevado, a nível (conceptual /processual) da interpretação quer da planificação quer dos resultados obtidos, dado que está em causa a construção de um conceito supraordenado (de enzima como catalisador biológico) e os alunos só “conhecem” o conceito de catalisador inorgânico. Pretende-se que, durante o trabalho, o aluno vá desenvolvendo, progressivamente, a compreensão do significado dos novos conceitos em estudo.

A realização de um trabalho experimental laboratorial com o apoio de uma ficha de actividade pode ser vista como uma resolução de problemas (Gil, Furió, Valdés, *et al.*, 1999), não explicitada. Na ficha de actividade são fornecidos dados parciais (sobre a definição do problema, referências teóricas ao contexto, o objectivo do trabalho ou as estratégias a aplicar) que orientarão os alunos no trabalho a desenvolver.

O estudo qualitativo da situação problemática transforma-se, assim, num trabalho de investigação em que, a par de uma definição muito precisa do problema em estudo, é necessário elaborar uma rede semântica dos conhecimentos implicados no trabalho e das suas relações de interdependência, tanto teóricas como, sobretudo, das relações funcionais com implicações práticas. A inferência da hipótese de trabalho subjacente à estratégia definida, a identificação das variáveis independentes ou dependentes e do tipo de controle que se pretende realizar, surgem, ligados neste contexto de pesquisa, a uma estruturação precisa dos conhecimentos envolvendo as suas aplicações práticas.

Após a busca de dados do problema e das estratégias possíveis, segue-se a sua resolução, pelo cumprimento do protocolo experimental. O tema do trabalho, explicitado neste estudo, é a variação da actividade catalítica (inorgânica e enzimática)

em função da temperatura. No entanto, a utilização de uma enzima obriga a atender às suas várias características funcionais e interdependentes (que foram objecto de estudo prévio), dado que, em contexto real é impossível dissociá-las. O trabalho laboratorial envolve, assim, não apenas uma propriedade enzimática, mas várias propriedades interligadas, constituintes do padrão temático em estudo. Ora, a ficha de actividades não propõe, explicitamente, o seu estudo simultâneo. E, dado ser o primeiro trabalho experimental laboratorial sobre enzimas, os alunos não têm qualquer experiência sobre o estudo laboratorial desta molécula biológica.

Resumindo: o 1º trabalho experimental laboratorial aparenta uma maior dificuldade de execução do que de compreensão / interpretação, quer a nível da planificação, quer a nível da interpretação dos resultados: poder-se-á pensar que é só seguir a receita..., aparentemente está lá tudo...

No entanto, apresenta 2 problemas implícitos de cuja resolução depende a compreensão holística da actividade. Um 1º problema implícito, de natureza teórica prende-se com o estudo qualitativo da situação problemática, que obriga a uma interpretação da ficha de actividade e a uma elaboração do um padrão temático feitas com rigor, tendo em vista o prosseguimento do trabalho (compreender o problema em causa e estabelecer as estratégias para o resolver). Um 2º problema implícito prende-se com a interpretação / execução do protocolo ou dos resultados obtidos, à luz dos conhecimentos anteriormente estruturados, dado que é necessário discriminar as características enzimáticas que condicionam o desenvolvimento do trabalho, independentemente de serem ou não as variáveis sujeitas a controle.

3.3. Caracterização da 2ª Actividade de Experimentação – Realização de uma Investigação Dirigida, Semi-autónoma

Este trabalho experimental laboratorial de investigação dirigida, tem como objectivos didácticos: promover a aplicação dos conceitos e desenvolver uma metodologia de investigação. Neste trabalho, a escrita é utilizada como modeladora da construção de conhecimento pelos alunos: a investigação é dirigida por duas séries de perguntas orientadoras, elaboradas pela professora, mencionando aspectos essenciais da resolução de problemas, como investigação, que deverão ser abordados pelos alunos (de acordo com Gil, Furió, Valdés, *et al.*, 1999). A investigação é semi-autónoma porque o

objectivo do trabalho e a formulação implícita do problema que lhe está subjacente, foram previamente definidos pela professora; cabe aos alunos explicitar o problema e conceber uma planificação adequada à sua resolução. Para tal, devem apoiar-se nas perguntas orientadoras visando: 1) a planificação do protocolo experimental e 2) a interpretação dos dados obtidos. As respostas respectivas deverão ser escritas e anexadas ao relatório da actividade. As duas séries de perguntas são apresentadas seguidamente nos quadros 4 e 5.

- 1.1. Qual é o problema em causa ?
- 1.2. Quais são as variáveis em estudo?
- 1.3. Como deve proceder para responder ao problema proposto? Planifique o protocolo experimental a utilizar. A sequência de reagentes utilizada e as condições da sua utilização devem ser registadas na tabela I.

	Sequência de reagentes utilizada, condições da sua utilização e resultados obtidos.						
Cozimento de amido	Resultados finais obtidos
Tubo...							
Tubo...							
Tubo...							
Tubo...							

Tabela I

- 1.4. De que material necessitam para o efeito? Deverão apresentar à professora a lista de material a utilizar e esta providenciará o que for preciso.
- 1.5. Em que fundamentos teóricos se baseia a sua planificação? Faça uma pequena introdução teórica que fundamente ou contextualize a sua planificação.

Nota: dadas as dificuldades reveladas pelos alunos, durante a planificação da experiência, foram escritas algumas perguntas que complementavam a orientação inicial, visando alertar os alunos para alguns aspectos fundamentais da planificação. As alíneas 1.1, 1.2 e 1.3 foram apoiadas, respectivamente, pelas seguintes perguntas:

- alínea 1.1 Que problema se investiga ? - Será possível prever alguma resposta para o problema ?
- alínea 1.2 Qual é, ou são, as suas variáveis ? - Que factores modifica durante a sua experiência ?
- alínea 1.3 Quais são as condições necessárias à realização da experiência?
- alínea 1.3 Será possível, a partir da hipótese, fazer alguma dedução que facilite a experiência ?
Que controle usará durante a sua experiência ?
- alínea 1.3 O que é que o controle que eu faço me permite comparar ?

Quadro 4 – Perguntas orientadoras da planificação do 2º trabalho experimental laboratorial

Posteriormente à entrega do relatório sobre o 2º trabalho experimental é realizada uma 2ª série de perguntas relativa à orientação da reflexão sobre o trabalho experimental laboratorial:

1. Elaboração do protocolo experimental
 - 1.1. Quais são os valores de pH e de temperatura ideais para a actuação da amilase salivar?
 - 1.2. Quais são os valores de pH e de temperatura existentes no suco gástrico do estômago?
 - 1.3. Que resultados espera, teoricamente, obter ? Justifique.
 - 1.4. Que controle(s) utilizaria para esta experiência ?
2. Execução do protocolo experimental
 - 2.1. Como procederia experimentalmente para simular a actuação da amilase salivar misturada com o suco gástrico sobre o amido ?
 - 2.2. Que testes deveria realizar para saber se foi ou não efectuada a hidrólise do amido ?
 - 2.3. Que condições do meio (pH e temperatura) se devem verificar para se poderem efectuar os testes referidos ?
 - 2.4. Como deveria proceder para que as condições de pH e de temperatura fossem adequadas aos testes ?
3. Interpretação do trabalho realizado
 - 3.1. Os resultados do seu trabalho estão de acordo com os esperados teoricamente ?
 - 3.2. Se não estiverem de acordo, pode haver erros no trabalho (tanto na concepção como na execução do mesmo). Em que etapas do trabalho poderá ter havido falhas ?
 - 3.3. Para evitar os erros referidos, qual seria o procedimento adequado ?
 - 3.4. Que conclusões pode tirar do seu trabalho experimental ?

Quadro 5 - Perguntas orientadoras da interpretação dos resultados do 2º trabalho experimental laboratorial

O tema em estudo na 2ª actividade de experimentação forma uma sequência com o tema da 1ª actividade, dado que os alunos deverão utilizar os conhecimentos (conceptuais-processuais) anteriormente obtidos, para resolver o problema proposto. O nível conceptual de investigação preconizado é, também, muito superior ao da 1ª actividade.

4. Descrição dos Instrumentos de Investigação Utilizados

Os instrumentos de investigação são os seguintes:

- Dois questionários a administrar individualmente, antes e após a implementação das actividades de experimentação;
- Dois relatórios elaborados pelos grupos relativos aos trabalhos experimentais laboratoriais realizados durante as actividades de experimentação.
- Duas séries de perguntas de opinião sobre o 2º trabalho experimental laboratorial; a primeira série está integrada na ficha sobre a 2ª actividade e contém perguntas a serem respondidas pelo grupo; a segunda série apresenta perguntas a serem respondidas individualmente e está inserida numa ficha sobre a actividade, feita posteriormente pelos alunos.

4.1. Questionários

Instrumento de recolha de informação, preenchido pelo informante, o questionário constitui a técnica de recolha de dado mais utilizada no âmbito da investigação sociológica. O anonimato na sua administração garante a autenticidade das respostas e permite ao inquirido pensar o tempo necessário antes de responder. O seu uso só é viável em universos razoavelmente homogéneos (Pardal e Correia, 1995). Estas características adequam a sua administração aos alunos da turma envolvida.

Na presente investigação, os questionários permitem adquirir informação sobre o impacto das actividades de experimentação na aprendizagem dos alunos. Complementam o estudo dos relatórios produzidos em trabalho experimental laboratorial. Com os questionários administrados, pretende-se conhecer a opinião dos alunos sobre as actividades lectivas, sobre os momentos em que consideram adequada a construção verbal de conhecimento durante o seu trabalho e ainda, sobre a elaboração do relatório enquanto forma de construção de conhecimento e meio de comunicação do trabalho efectuado; pretende-se, também, detectar mudanças a nível das concepções sobre o trabalho experimental laboratorial e das atitudes dos alunos durante a realização dos trabalhos.

4.1.1. Construção das Perguntas dos 1º e 2º Questionários

A modalidade e o tipo das perguntas elaborados obedecem aos critérios referidos por

Pardal e Correia (1995), para as perguntas de resposta aberta e de resposta múltipla:

- As perguntas abertas devem ser utilizadas criteriosamente, sendo úteis em duas situações: quando se dispõe de pouca informação sobre o assunto ou se quando pretende estudá-lo em profundidade. As perguntas abertas realizadas são perguntas de opinião, visando conhecer o que o aluno pensa sobre o assunto referido.
- As perguntas de escolha múltipla são do tipo perguntas de avaliação ou estimação, nas quais o inquirido tem como única opção escolher uma das alternativas propostas. Procuram quantificar um determinado assunto, atribuindo-lhe diversos graus de intensidade. No presente caso, foi utilizada uma escala de 4 graus de intensidade (sempre, às vezes, raramente, nunca), evitando-se o ponto neutro (um valor intermédio). As perguntas de escolha múltipla realizadas são perguntas de acção, visando as acções realizadas pelos alunos durante o trabalho experimental laboratorial. Estas perguntas são de resposta relativamente simples, possibilitam a concentração do inquirido no problema em estudo e facilitam o trabalho de tabulação.

As opções feitas na construção dos questionários são referidas seguidamente.

? **Construção das Perguntas do 1º Questionário**

Opta-se por fazer um questionário pequeno, incidindo apenas na utilização da expressão verbal em TLBI, para evitar sobrecarregar os alunos, dado que serão administrados nesta turma outros instrumentos de recolha de dados.

O questionário consta das perguntas seguintes:

- De 1 a 4 – perguntas abertas, de opinião, cuja função é integrar o aluno no tema em estudo e fornecer dados gerais sobre a leccionação das aulas.
- De 5 a 10 – perguntas de escolha múltipla, de avaliação ou estimação, em que o inquirido escolhe uma de entre as várias alternativas apresentadas, de acordo com os diferentes graus de intensidade. Focam o assunto em estudo: a construção verbal de conhecimento, escrito e oral, durante a actividade experimental.
- De 11 a 13 – perguntas abertas, com uma orientação definida. Admitem um conjunto amplo de respostas, desde que as mesmas se cinjam aos assuntos referidos nas alíneas do enunciado. São perguntas de opinião, visando perceber se o modelo de relatório utilizado nas aulas é considerado pelos alunos como adequado à sua aprendizagem.

? Construção das Perguntas do 2º Questionário

O 2º questionário apresenta as perguntas 1 a 8 idênticas às do 1º questionário, formuladas de forma ligeiramente diferente, para que se adequem ao contexto. Optou-se por não apresentar as perguntas 10 a 13, constantes do 1º questionário pelo seguinte: 1) a utilização de várias tipologias de texto na descrição dos trabalhos efectuados não foi trabalhada, explicitamente, durante as actividades de experimentação, incidindo estas, sobretudo, no desenvolvimento de processos de articulação entre o pensar e o agir; 2) sendo reduzido o número de actividades realizadas (assim como as descrições escritas dos respectivos trabalhos), supôs-se pouco provável uma mudança significativa nas concepções e utilização de diferentes tipologias de texto, baseada apenas na experiência dos alunos. Em sua substituição foi incluída uma nova pergunta, a última (9), para conhecer a evolução da opinião dos alunos sobre a influência da escrita no trabalho experimental.

4.1.2. Objectivos e Hipóteses Correspondentes às Perguntas que Integram o 1º e o 2º Questionários

O quadro 6 apresenta os objectivos e as hipóteses em que se baseiam as perguntas comuns aos 1º e 2º questionários.

PERGUNTAS	OBJECTIVOS	HIPÓTESES DE TRABALHO
1 2 3 4	☞ Conhecer os dados pessoais dos alunos ☞ Integrar os alunos no tema em estudo. ☞ Alertar os alunos para as potencialidades que o trabalho laboratorial encerra. ☞ Conhecer as suas opiniões sobre a leccionação das aulas de TLBI	⌘ As aulas podem ser leccionadas de forma mais adequada para os alunos.
5	☞ Conhecer os hábitos dos alunos no que respeita à elaboração do texto escrito associada ao trabalho experimental.	⌘ O registo de apontamentos e notas durante o trabalho experimental poderá ser deficiente, não permitindo uma boa estruturação dos conhecimentos.

PERGUNTAS	OBJECTIVOS	HIPÓTESES DE TRABALHO
6	☞ Inventariar o registo de dados pelos alunos. ☞ <u>Perceber os pressupostos dos alunos ao registar e interpretar os dados.</u>	✗ O aluno interpreta aquilo que regista. Registrará o que vê? Ou o que espera ver? Os alunos podem não ter consciência de que a <u>interpretação dos dados obtidos</u> depende dos conceitos prévios sobre o assunto.
7	☞ Verificar em que pontos do trabalho se processa, habitualmente, a discussão em grupo.	✗ Daqui surge a questão subjacente: nem sempre os alunos compreendem o que estão a fazer quando realizam uma actividade experimental.
8	☞ Inventariar as etapas em que os alunos não reflectem, em grupo, sobre o trabalho e avaliar da sua importância para a compreensão do mesmo.	✗ Os alunos podem não utilizar a discussão de grupo para construir conhecimento, nas diversas etapas de trabalho.
9 10	☞ Conhecer os tipos de textos usualmente consultados pelos alunos para escrever o seu relatório	✗ Os alunos fundamentam o seu trabalho no protocolo fornecido e no seu manual escolar adoptado e não recorrem a outros textos de apoio.
11	☞ Conhecer a tipologia de texto que segundo os alunos é mais adequada à descrição do trabalho experimental.	✗ Os alunos nem sempre compreendem e aplicam correctamente o modelo de relatório fornecido.
12	☞ Conhecer a tipologia de texto que segundo os alunos permite uma melhor reflexão sobre o tema e uma melhor aprendizagem.	✗ Ao escrever o relatório, os alunos nem sempre reflectem sobre os temas em estudo, podendo haver outras tipologias de texto mais próximas do aluno, que lhe permitam uma melhor aprendizagem.
13 a	☞ Perceber o que é mais fácil de descrever para o aluno	✗ Todos os relatórios apresentam sempre a cópia do protocolo experimental fornecido, embora possam ser omissos na descrição de outras secções. Supõe-se que as etapas omissas apresentarão um grau de dificuldade superior.
13 b	☞ Perceber o que é mais difícil para o aluno.	

Quadro 6 – Objectivos e hipóteses correspondentes às perguntas que integram os 1º e 2º questionários

? Objectivos e Hipóteses Correspondentes à Pergunta 9 do 2º Questionário

O quadro 7 apresenta a nova pergunta 9 do 2º questionário, em substituição das perguntas 9 a 13 do 1º questionário, que foram eliminadas.

	OBJECTIVOS	HIPÓTESES DE TRABALHO
PERGUNTA 9	☞ Conhecer a opinião dos alunos sobre as perguntas orientadoras, enquanto suportes da construção do conhecimento do trabalho experimental laboratorial	☞ As perguntas orientadoras podem modelar a expressão verbal heurística nas etapas seguintes: - planificação do trabalho; - interpretação dos resultados obtidos.

Quadro 7 - Objectivos e hipóteses correspondentes à pergunta 9 do 2º questionário

4.1.3. Validação, Aferição e Administração dos Questionários

A validação interna visa garantir que o questionário esteja bem formulado (segundo Pardal e Correia, 1995).

? Validação dos Questionários

As perguntas dos questionários foram, inicialmente, validadas pela professora de C.T.V. da turma envolvida na investigação, que se pronunciou sobre a pertinência dos objectivos formulados. Posteriormente, foi pedido à mesma docente e uma segunda juíza, Mestre em Estudos Portugueses e Brasileiros que se pronunciassem sobre o seguinte:

- As perguntas são formuladas com clareza ?
- Há omissões na formulação das perguntas ?

Depois de ouvidas as duas juízas uma nova versão foi apresentada.

? Aferição dos Questionários: Realização de um Estudo Piloto

Para verificar da adequação do questionário à população alvo, realizou-se um estudo piloto (Pardal e Correia, 1995). Neste, foi pedido a três alunas, de outra turma, de TLBI (apresentando respectivamente o aproveitamento de muito bom, suficiente e mau) que respondessem às perguntas dos questionários, para detectar possíveis dificuldades no que respeita à sua interpretação. Depois de analisadas as respostas, procedeu-se às

necessárias reestruturações de forma a simplificar a linguagem utilizada, sendo redigidas as versões finais.

? **Administração dos Questionários**

Os questionários foram administrados da forma seguinte: a administração do 1º questionário, realizou-se previamente ao desenvolvimento das actividades de experimentação e a administração do 2º questionário, realizou-se posteriormente às actividades de experimentação, a fim de analisar a evolução dos alunos.

Os 1º e 2º questionários foram administrados à turma seleccionada, pela respectiva professora, durante a aula de TLBI. Foi respeitado o anonimato durante a administração dos questionários, pelo que os alunos responderam aos mesmos devido à solicitação da professora, mas sem que houvesse qualquer controle sobre os alunos que entregaram os formulários preenchidos.

4.2. Relatórios

Os instrumentos de medida utilizados na investigação devem corresponder aos objectivos específicos da educação experimental em Biologia (Stawinski, 1986, citado por Barberá e Valdés, 1996). Estes autores referem que, se unicamente se utilizam provas de “avaliação de conhecimentos” na investigação, se pode chegar à conclusão, errada, de que a instrução experimental em Biologia produz apenas um débil efeito positivo e não significativo na aprendizagem. Com efeito, as provas de lápis e papel são consideradas inadequadas para medir situações de resolução de problemas ou de aquisição de destrezas (Lazarowitz e Tamir, 1994, citados por Barberá e Valdés, 1996). São realizadas *a posteriori*, sem terem em conta os processos evolutivos de construção de conhecimento ao longo do trabalho, pelo aluno. Pelo contrário, o relatório escrito permite retratar, de forma reflectida, os procedimentos associados à investigação, às hipóteses elaboradas e testadas e às dificuldades encontradas; poderá também reflectir toda a discussão verbal havida sobre o trabalho, com vista à reestruturação da informação sobre o trabalho em causa (adaptado de Praia, s/d).

O relatório sobre cada trabalho experimental laboratorial, elaborado em grupo, deve contemplar os seguintes parâmetros:

- a) No que respeita ao estudo da situação problemática:

- ☞ Formulação do problema em estudo
 - ☞ Elaboração da contextualização teórica
 - ☞ Determinação das variáveis envolvidas no trabalho
 - ☞ Explicitação das hipóteses de trabalho possíveis ou das estratégias delineadas para resolver o problema inicial ou a sua planificação.
- b) Descrição da planificação e/ou da execução do protocolo experimental.
- c) Interpretação dos resultados obtidos.
- d) Conclusões.

4.3. Duas Séries de Perguntas sobre o 2º Trabalho Experimental Laboratorial

A primeira série de perguntas, de tipo aberto, inserida no protocolo do 2º trabalho experimental laboratorial, visou compreender as dificuldades ou facilidades que o grupo sentiu durante o trabalho. A segunda série de perguntas abertas foi realizada, posteriormente, às actividades de experimentação e teve como objectivo conhecer a opinião individual dos alunos sobre o 2º trabalho realizado, sobre a eficácia ou o interesse dos diferentes processos utilizados na construção de conhecimento e sobre a importância de escrita na construção de conhecimento em trabalho experimental laboratorial. Nestas séries não houve anonimato o que permitiu comparar as respostas dos grupos (1ª série) e dos alunos (2ª série) com as classificações obtidas. Estas séries de perguntas estão descritas no quadro 8.

1ª Série de perguntas de opinião sobre ao 2º trabalho experimental laboratorial	
No final da actividade, cada grupo deverá responder às perguntas abaixo mencionadas.	
1.	No que respeita à realização do seu trabalho, indique o que considerou:
1.1.	na sua planificação:
1.1.1.	mais difícil ?
1.1.2.	mais fácil ?
1.2.	na execução do seu trabalho:
1.2.1.	mais difícil ?
1.2.2.	mais fácil ?
1.3.	Explicita a opinião, do grupo, sobre o trabalho em geral.

Quadro 8 A – Perguntas incluídas no relatório (2ª parte) e na ficha de avaliação individual sobre o 2º trabalho experimental laboratorial

2ª Série de perguntas inseridas numa ficha de avaliação individual sobre o 2º trabalho experimental laboratorial.

2. No que respeita à sua opinião sobre o trabalho, indique:
 - 2.1. O que mais gostou neste trabalho e justifique.
 - 2.2. O que gostou menos e justifique.
 - 2.3. De que forma o trabalho escrito contribuiu para uma melhor aprendizagem.

Quadro 8 B– Perguntas incluídas no relatório (2ª parte) e na ficha de avaliação individual sobre o 2º trabalho experimental laboratorial.

5. Tratamento dos Dados

Os documentos escritos, analisados no presente estudo, são de três tipos:

? Respostas a dois questionários, administrados prévia e posteriormente à realização das actividades de experimentação, visando conhecer a opinião dos alunos sobre:

- as actividades experimentais em TLBI;
- os momentos em que consideram adequada a utilização da expressão verbal ao seu trabalho, como forma de construção de conhecimento;
- a tipologia de texto considerada mais adequada à construção do conhecimento e à comunicação sobre o trabalho efectuado.

? Relatórios produzidos pelos grupos de alunos, no decurso das duas actividades lectivas de experimentação. A partir destes dados, foram analisados:

- O texto verbal escrito elaborado pelos alunos para caracterizar a construção semântica de conhecimentos, a nível conceptual – processual.
- Os conhecimentos obtidos nas duas actividades de experimentação. A comparação da análise dos documentos escritos visou detectar uma evolução na construção de significado dos elementos que integram o padrão temático em estudo.

? Respostas a perguntas de resposta aberta, sobre o 2º trabalho experimental

laboratorial, visando conhecer a opinião:

- do grupo, sobre o grau de facilidade ou de dificuldade sentido em diversas etapas do trabalho;
- individualizada, sobre o trabalho, visando conhecer a opinião do aluno sobre a actividade no seu todo.

5.1. Critérios de Análise dos 1º e 2º Questionários

Seguidamente, são expostos os critérios de análise das perguntas de resposta aberta e de resposta múltipla que integram os questionários.

? Critérios de Análise das Perguntas de Resposta Aberta

As respostas dos alunos são agrupadas por categorias, de acordo com os principais assuntos referidos. Algumas frases, consideradas significativas, são transcritas como exemplo das ideias explicitadas, sendo também indicado o número de alunos que as profere. É feita uma comparação entre os resultados obtidos nos dois questionários para avaliar da possível evolução dos alunos em relação a estas perguntas.

? Critérios de Análise das Perguntas de Resposta Múltipla

Para cada pergunta é elaborado um quadro referente à frequência (absoluta – em número de respostas e relativa – em percentagem) de respostas correspondentes a cada opção. Dado o reduzido número de alunos que constitui a amostra, a interpretação dos dados baseia-se na frequência de respostas relativas à opção “sempre”. O objectivo é detectar o número de alunos que realiza, sistematicamente, uma dada tarefa e não o número daqueles que o fazem ocasionalmente. É feita uma comparação entre os resultados obtidos nos dois questionários para avaliar da possível evolução dos alunos em relação às perguntas 5 a 8.

5.2. Critérios de Análise dos Relatórios

5.2.1. Relatório sobre o 1º Trabalho Experimental Laboratorial

A análise do respectivo relatório, executado pelos grupos, é feita da forma seguinte:

a) **No que respeita às secções elaboradas** – são enumerados os grupos de alunos que elaboram cada secção do relatório ou que as articulam entre si (ou não), para responder

ao problema proposto. É, ainda, indicada a classificação atingida nas diversas secções do relatório executado pelos alunos.

b) No que concerne à concepção e realização do trabalho – o relatório é analisado tendo em vista a realização do estudo qualitativo do problema e da sua resolução, no que respeita à :

- interpretação da ficha de actividades pelos alunos, que deve incluir a formulação do problema, a inferência da hipótese de trabalho subjacente à estratégia definida e a identificação das variáveis controladas, bem como de outros factores que possam condicionar o trabalho experimental laboratorial;
- interpretação do resultados obtidos pelos alunos, que deve incluir: a) a indicação dos tubos em que se verificou a hidrólise; b) a comparação da catálise inorgânica com a enzimática, no que respeita à energia de activação requerida; c) a comparação e justificação dos resultados obtidos nos tubos 5 e 6 (contêm: tubo 5 – cozimento de amido e saliva levados à ebulição; tubo 6 – cozimento de amido e saliva fervida, levados à ebulição), devidamente fundamentada; d) a justificação para os resultados obtidos no tubo 8 (contém cozimento de amido e saliva, incubados a 4°C) ; e) a explicitação das conclusões tiradas sobre o trabalho.

A análise dos parâmetros, anteriormente referidos em a) e b), será feita pela análise qualitativa da elaboração de conhecimentos, em cada secção. Os alunos vão elaborando a rede semântica de conhecimentos, em função da resolução do problema, nas diversas secções do relatório, pelo que, a análise da sua construção permite avaliar da consecução dos objectivos propostos para a actividade.

c) No que concerne aos erros cometidos na execução do protocolo - utilizando os dados do relatório é feita uma análise dos principais erros cognitivo-processuais cometidos. Estes erros são interpretados em função da rede semântica de conhecimentos elaborada pelos alunos.

5.2.2. Relatório sobre o 2º Trabalho Experimental Laboratorial

A análise do respectivo relatório executado pelos grupos será feita da forma seguinte:

a) **No que respeita aos grupos que elaboram o relatório, bem como às secções elaboradas por cada grupo** - são enumerados os grupos que elaboram cada secção do relatório ou que as articulam entre si (ou não), para responder ao problema proposto.

b) **No que concerne à concepção e realização do trabalho** – o relatório é analisado tendo em vista a realização do estudo qualitativo do problema e da sua resolução, pelo grupo, no que respeita à :

- Formulação do problema e realização da planificação do protocolo experimental com o apoio das perguntas orientadoras, explicitadas na ficha de actividades, incidindo na determinação das variáveis e do controle, na definição da estratégia a seguir e nos procedimentos a executar, bem como na elaboração de uma pequena introdução teórica que fundamente a planificação.
- Interpretação dos resultados obtidos nos tubos simulando o conteúdo do estômago e da boca, de acordo com os resultados dos testes pelo licor de Fehling e pela água iodada. Os grupos devem pronunciar-se sobre a ocorrência de hidrólise, relacionando este facto com os valores de pH fornecidos à enzima.

c) **No que concerne aos erros cometidos na planificação e execução do protocolo experimental** – é feita a compilação e análise dos erros constantes no relatório que foram cometidos durante a realização do trabalho experimental laboratorial, quer na planificação, quer na execução. Posteriormente à entrega do relatório, os grupos respondem, por escrito, a uma série de perguntas orientadoras da interpretação dos resultados. Esta nova interpretação de resultados é comparada com a anterior, no que respeita à elaboração de conhecimentos e à detecção e correcção dos erros.

5.3. Critérios de Análise das Duas Séries de Perguntas relativas à 2ª Actividade de Experimentação

Os critérios de análise destas perguntas são idênticos aos utilizados nas perguntas de resposta aberta constantes nos questionários.

CAPÍTULO IV – RESULTADOS

Introdução

Neste capítulo é feita uma comparação entre os resultados obtidos nos 1º e 2º questionários, visando estudar a evolução dos alunos na construção de conhecimento.

São analisados os relatórios sobre os 1º e 2º trabalhos experimentais laboratoriais realizados pelos grupos.

Por último são apreciadas as respostas a perguntas de opinião sobre o 2º trabalho.

Análise Comparativa dos 1º e 2º Questionários

Responderam ao 1º questionário 17 alunos e ao 2º os 21 alunos que frequentam a disciplina de TLBI. Verifica-se uma evolução em relação ao número de alunos que participa voluntariamente neste trabalho.

? Análise das Perguntas de Resposta Aberta sobre as Actividades Lectivas

As primeiras 4 perguntas versam sobre os interesses dos alunos no que concerne à leccionação das aulas.

As respostas dos alunos encontram-se agrupadas por categorias. Em cada categoria é apresentado o número de alunos que lhe fez referência, bem como as justificações mais significativas.

1. Como gostaria que decorressem as suas aulas de TLBI para que fossem mais proveitosas? Justifique.

1º QUESTIONÁRIO	2º QUESTIONÁRIO
<p>✍ Mais autonomia para os alunos – 2 respostas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Os alunos deveriam ser incentivados a trabalhar sozinhos – 1 resposta. 	<p>✍ Mais autonomia para os alunos - 7 respostas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mais trabalhos práticos, minimamente controlados pela professora, dando mais liberdade aos alunos para pensar... - 4 respostas - sermos nós a realizar o trabalho do início até ao fim permite uma melhor aprendizagem – 1 resposta.

<p>✍ referência aos métodos de ensino da professora – 9 respostas.</p> <p>✍ referência ao tipo de aulas leccionadas – 1 respostas.</p> <p>✍ outros – 2 respostas.</p>	<p>- mais trabalhos como o último pois somos nós que temos que construir o problema de início – 1 respostas.</p> <p>✍ referência aos métodos de ensino da professora – 6 respostas.</p> <p>✍ referência ao tipo de aulas leccionadas – 6 respostas.</p> <p>- ...que decorressem como os últimos trabalhos porque exigiram mais aplicação e raciocínio e, por isso, aprendemos muito mais – 2 respostas</p> <p>- que fossem aulas mais debatidas - 1 resposta.</p> <p>- deveriam ser menos teóricas e mais práticas para percebermos o que demos em teórica – 1 resposta.</p>
---	--

Quadro 9 - Aspectos relevantes enunciados, pelos alunos, na 1ª pergunta dos 1º e 2º questionários.

Interpretação dos resultados relativamente à eficácia das aulas

Após a implementação das actividades de experimentação verificam-se as alterações seguintes:

- aumentam de 2 para 7 os alunos que indicam a necessidade de mais autonomia nas aulas;
- diminuíram de 9 para 6 os alunos que fazem referência aos métodos de ensino da professora;
- em contrapartida, os alunos (aumentam de 2 para 6) debruçam-se mais sobre o tipo de aulas leccionadas, sobretudo em termos dos processos que gostariam de desenvolver.

Há um pequeno grupo de 7 alunos que gostaria de desenvolver as actividades com uma maior autonomia e que faz algumas referências aos processos desenvolvidos nesse tipo de aulas. No entanto, 6 alunos ainda se referem aos métodos da professora, demonstrando uma maior dependência da orientação dada por esta ao trabalho.

2. Na sua opinião, com que objectivos são realizados os trabalhos experimentais ?

1ºQUESTIONÁRIO	2º QUESTIONÁRIO
<ul style="list-style-type: none"> ✍ Contacto com os fenómenos – 2 respostas. ✍ Compreensão da matéria – 11 respostas. <ul style="list-style-type: none"> - <u>verificar na prática o que aprendeu na teórica</u> – 4 respostas. - esclarecer dúvidas das teóricas através dos trabalhos experimentais – 1 resposta. - <u>para os alunos ficarem com uma demonstração prática dos elementos teóricos anteriormente estudados</u> – 2 respostas. ✍ Aperfeiçoar técnicas de laboratório – 3 respostas. ✍ Cativar os alunos – 3 respostas. 	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Contacto com os fenómenos - 6 respostas. ✍ Compreensão da matéria – 7 respostas. ✍ Aperfeiçoar técnicas de laboratório – 3 respostas. ✍ Cativar os alunos – 3 respostas. ✍ Dar solução a um problema e saber como e porquê – 3 respostas. ✍ Desenvolver o raciocínio – 3 respostas. ✍ Relacionar os conceitos aprendidos anteriormente – 1 resposta. ✍ Desenvolver a autonomia – 1 resposta. ✍ Pesquisar em outros livros – 1 respostas.

Quadro 10 - Aspectos relevantes enunciados, pelos alunos, na 2ª pergunta dos 1º e 2º questionários.

Interpretação dos resultados relativamente ao objectivo do trabalho

Após a implementação das actividades de experimentação verificam-se as alterações seguintes:

- o contacto com os fenómenos passa a ser um objectivo do trabalho experimental laboratorial para 6 alunos (contrapondo-se aos 2 do 1º questionário);
- decresce de 11 para 7 o número dos que indicam como objectivo a compreensão da matéria (no 1º questionário, 6 alunos referem o trabalho prático ilustrativo como forma de compreensão da matéria e objectivo do trabalho prático);
- 3 alunos indicam como objectivo: dar solução a um problema e saber como e porquê;
- 3 alunos referem ainda o desenvolvimento do raciocínio e da autonomia.

O item – compreensão da matéria – referido no 1º questionário associa-se, sobretudo, a uma actividade demonstrativa, dependente da orientação do professor; no 2º questionário são enunciados vários processos cognitivos desenvolvidos pelos alunos no seu trabalho; as respostas dos alunos reflectem uma evolução quanto aos objectivos visados no trabalho experimental laboratorial. Antes das actividades de experimentação, o trabalho experimental laboratorial é visto como subsidiário do trabalho teórico – o objectivo visado é sobretudo ilustrativo, tendo em vista a compreensão da matéria teórica leccionada; após as actividades, o trabalho experimental começa a afirmar-se de forma autónoma: são enunciados objectivos e processos próprios deste tipo de actividade.

3. Indique possíveis vantagens da realização destes trabalhos

1º QUESTIONÁRIO	2º QUESTIONÁRIO
<p>✍ Contacto com os fenómenos - 4 respostas.</p> <p>✍ Melhor compreensão da matéria teórica – 9. respostas. Destacam-se as seguintes respostas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - para comprovar a teoria – 3 respostas. - para adquirir os conhecimentos essenciais ao elaborar o relatório – 1 resposta. <p>✍ Carácter lúdico – 6 respostas.</p> <p>✍ Aquisição de técnicas laboratoriais – 4 respostas. Destacam-se as seguintes respostas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - importante formação técnica de base que pode servir de estudos mais avançados, como acontece nas universidades - 1 resposta. 	<p>✍ Contacto com os fenómenos - 4 respostas. Destacam-se as seguintes respostas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - encadear os fenómenos para os entender – 1 resposta. - obter mais informação - 2 respostas. <p>✍ Melhor compreensão da matéria teórica – 14 respostas.</p> <p>✍ Carácter lúdico – 3 respostas.</p> <p>✍ Aquisição de técnicas laboratoriais – 4 respostas.</p> <p>✍ Melhor compreensão do trabalho – 5 respostas. Destacam-se as seguintes respostas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - a formular o problema integralmente há uma maior compreensão do trabalho – 1 resposta.

<p>✍ Serem os alunos a desenvolver o trabalho:</p> <ul style="list-style-type: none"> - os resultados obtidos são um trabalho nosso, em que a nossa intervenção é fundamental – 1 resposta. - aplicamos os conceitos estudados e obriga-nos a pensar no problema teórico antes de iniciar a prática do mesmo ou interpretar os resultados obtidos – 1 resposta. 	<ul style="list-style-type: none"> - verificar se os alunos conseguem desenvolver o trabalho – 2 respostas. ✍ Desenvolver a capacidade de raciocínio entre a prática e a teoria – 4 respostas . ✍ Outros: <ul style="list-style-type: none"> - fazer pesquisa – 1 resposta. - adquirir autonomia - 1 resposta.
---	--

Quadro 11 - Aspectos relevantes enunciados, pelos alunos, na 3ª pergunta dos 1º e 2º questionários.

Interpretação dos resultados relativamente às vantagens da realização destes trabalhos:

Após a aplicação das actividades de experimentação, verifica-se que:

- aumentou o número de alunos que considera que o trabalho prático permite uma melhor compreensão da matéria teórica de 9 para 14;
- 5 alunos referiram uma melhor compreensão do trabalho experimental e 4 alunos disseram que permitia desenvolver a capacidade de raciocínio ligando a prática e a teoria.

Aspectos relevantes enunciados no 1º questionário: 1 aluno indica que “os resultados obtidos são fruto do nosso trabalho” - este aluno deu voz a uma tendência evidenciada pelos alunos que é o interesse de realizar o trabalho por si. Apenas 1 aluno refere, no 1º questionário, os processos normalmente utilizados nos trabalhos experimentais laboratoriais: “aplicamos os conceitos estudados e obriga-nos a pensar no problema teórico antes de iniciar a prática do mesmo ou interpretar os resultados obtidos”.

Aspectos relevantes enunciados no 2º questionário: as respostas dadas já reflectem a realização do 2º trabalho experimental laboratorial (uma investigação orientada de cariz

semi-autónomo) – os alunos indicam uma melhor compreensão do trabalho e o desenvolvimento da capacidade de raciocínio, para além da compreensão da matéria.

4. Indique possíveis desvantagens da realização destes trabalhos

1º QUESTIONÁRIO	2º QUESTIONÁRIO
<p>✍ não há desvantagens – 7 respostas.</p> <p>✍ podem confundir-nos – 3 respostas.</p> <p>✍ gasto de material – 2 respostas.</p> <p>✍ desleixo quanto à parte teórica – 2 respostas.</p> <p>✍ outros - 3 respostas.</p>	<p>✍ não há desvantagens – 13 respostas.</p> <p>✍ podem confundir-nos – 3 respostas.</p> <p>✍ gasto de material – 3 respostas.</p> <p>✍ distração nas aulas – 3 respostas.</p> <p>✍ fiquei com muitas dúvidas quanto à definição do problema e dos objectivos - 1 respostas.</p> <p>✍ Se o trabalho correr mal tem que se repetir para obter resultados – 2 respostas.</p> <p>✍ <u>O excesso de liberdade pode vir a proporcionar conclusões erradas</u> – 1 resposta.</p> <p>✍ <u>Quando alguma coisa corre mal, por vezes ficamos confundidos, tentamos encontrar explicações para os erros</u> – 1 resposta.</p>

Quadro 12 - Aspectos relevantes enunciados, pelos alunos, na 4ª pergunta dos 1º e 2º questionários.

Interpretação dos resultados no que concerne às possíveis desvantagens destes trabalhos

Após as actividades de experimentação verifica-se que:

- aumentou de 7 para 13 o número de alunos que acha que não há desvantagens nos trabalhos experimentais.
- No entanto, após o 2º trabalho experimental laboratorial semi-autónomo, um aluno indica que não percebeu o trabalho e dois alunos demonstram alguma desorientação por terem que desenvolver o trabalho com algum grau de autonomia e por poderem errar.

Em resumo – após as actividades de experimentação:

- alguns alunos indicam uma autonomia e desenvolvimento de raciocínio;

- o trabalho experimental laboratorial deixa de ser visto, por alguns alunos, como subsidiário do trabalho teórico, sendo descritos vários processos desenvolvidos usualmente em trabalho experimental, por oposição à descrição inicial do trabalho experimental laboratorial, maioritariamente do tipo demonstrativo; verifica-se assim, uma maior interligação entre a teoria e a prática.
- apesar do trabalho experimental ser entendido como uma actividade em si, os alunos referem, conjuntamente, uma maior compreensão da matéria;
- alguns alunos expõem a sua desorientação, as suas dúvidas e o medo de errar, ao realizar um trabalho de forma mais autónoma.

? **Análise das Perguntas Fechadas de Escolha Múltipla**

As perguntas abaixo descritas são idênticas nos questionários nº1 e nº2 e visam avaliar a evolução dos alunos na adopção de novas atitudes sobre a construção de conhecimento, expressa na forma oral e escrita, em trabalho experimental laboratorial. A cor assinala os dados considerados mais relevantes em cada pergunta.

1º QUESTIONÁRIO	SEMPRE		ALGUMAS VEZES		RARAMENTE		NUNCA		OMISSOS	
5. Durante a realização de um trabalho experimental :	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%
a) Faz um plano do trabalho a realizar, antes de dar início ao trabalho prático.	5	23,8	11	52,4	0	0	1	4,8	4	19
b) Tira notas durante o trabalho prático.	12	57,1	5	23,8	0	0	0	0	4	19
c) Tira notas após o trabalho prático.	8	38,1	8	38,1	1	4,8	0	0	4	19
d) Escreve a sua interpretação pessoal de passos ou dados do trabalho que considera importantes.	3	14,3	11	52,4	1	4,8	2	9,5	4	19

Quadro 13 - Respostas dos alunos à 5ª pergunta do 1º questionário.

- a) Apenas 5 alunos têm por hábito fazer, sistematicamente, um plano do trabalho experimental a realizar, antes do seu início. A maioria dos alunos da turma (11) faz um plano do trabalho experimental, ocasionalmente, de uma forma não

sistemática.

- b) A maioria dos alunos (12) tira notas durante o trabalho prático, de forma sistemática.
- c) Após a realização do trabalho 8 alunos tiram notas usualmente, enquanto outros 8 alunos o fazem de forma esporádica.
- d) Apenas 3 alunos registam a sua interpretação das etapas mais importantes do trabalho. A maioria dos alunos não tem por hábito registrar os dados ou passos do trabalho que interpretou (?).

Em resumo: a maioria dos alunos tem por hábito tirar notas durante o trabalho prático, mas não costuma fazer um plano da actividade a realizar nem registrar a sua interpretação pessoal do trabalho que vão desenvolvendo.

2º QUESTIONÁRIO	SEMPRE		ALGUMAS VEZES		RARAMENTE		NUNCA		OMISSOS	
5. Durante a realização de um trabalho experimental deve-se :	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%
a) Fazer um plano do trabalho a realizar, antes de dar início ao trabalho prático.	19	90,5	2	9,5	0	0	0	0	0	0
b) Tirar notas durante o trabalho prático.	15	71,4	5	23,8	1	4,8	0	0	0	0
c) Tirar notas após o trabalho prático.	7	33,3	12	57,1	1	4,8	1	4,8	0	0
d) Escrever a sua interpretação pessoal de passos ou dados do trabalho que considera importantes.	3	14,3	11	52,4	7	33,3	0	0	0	0
e) Outros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Quadro 14 - Respostas dos alunos à 5ª pergunta do 2º questionário.

- a) Quase todos os alunos (19) compreenderam a importância de fazer um plano do trabalho a realizar, antes do seu início.
- b) Aumentou ainda o número de alunos que consideram importante tirar sempre notas durante o trabalho prático. Para 15 alunos, durante o trabalho experimental é preciso estar com atenção e tirar apontamentos.
- c) Apenas 7 alunos consideram importante tirar notas após o trabalho prático. A

maioria considera que o registo de notas após o trabalho prático poderá ter um interesse ocasional. Não há qualquer evolução nesta etapa.

- d) Mantêm-se os valores do 1º questionário, não havendo qualquer evolução a este nível. Os alunos não compreenderam a necessidade de interpretar o trabalho e de registar esses elementos. Uma construção pessoal de significado é feita, sistematicamente, por apenas 3 alunos da turma.

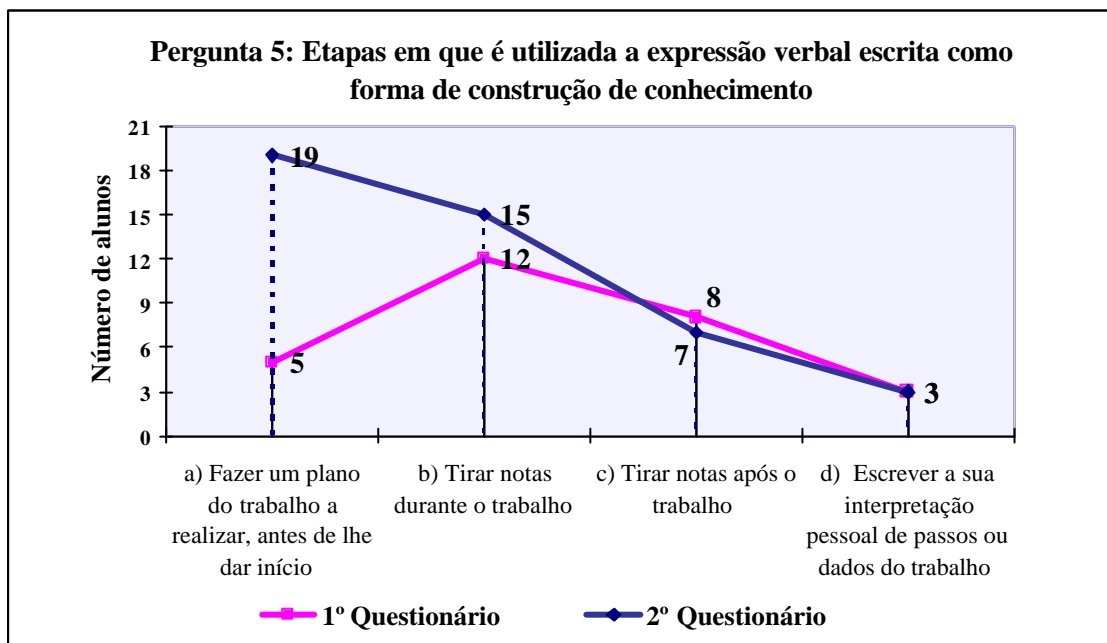


Gráfico 1- Comparação das respostas dadas à 5ª pergunta nos 1º e 2º questionários.

O gráfico da pergunta 5 põe em evidência a evolução dos alunos no que respeita às etapas em que é utilizada a expressão verbal escrita como forma de construção de conhecimento: quase todos os alunos (dezanove) consideraram a necessidade de fazer um plano do trabalho a efectuar, o que indicia uma construção pessoal de conhecimentos sobre o trabalho em causa; quinze alunos consideraram importante tirar apontamentos durante o trabalho experimental, o que implica estar com atenção ao trabalho; no entanto, verifica-se (para a maioria) que o seu interesse não se prolonga para além da parte prática do trabalho, dado que apenas 7 alunos consideram dever tirar notas após o trabalho prático. A necessidade de reflectir por escrito sobre o trabalho efectuado para perceber a actividade de uma forma holística é descurada por cerca de 2/3 da turma. Este dado é confirmado pelo facto de apenas 3 alunos escreverem a sua interpretação pessoal dos dados importantes do trabalho. Apenas estes alunos

constróem, sistematicamente, conhecimento significativo a partir dos trabalhos efectuados.

1º QUESTIONÁRIO	SEMPRE		ALGUMAS VEZES		RARAMENTE		NUNCA		OMISSOS	
6. No caso de ser habitual tirar notas durante o trabalho, estas referem-se :	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%
a) Ao que vai observando.	15	71,4	2	9,5	0	0	0	0	4	19
b) Ao que os colegas vão dizendo.	1	4,8	12	57,1	3	14,3	1	4,8	4	19
c) Ao que a professora indicou.	9	42,9	8	38,1	0	0	0	0	4	19

Quadro 15 – Respostas dos alunos à 6ª pergunta do 1º questionário.

- a) A maioria dos alunos (15) dá grande valor ao que é capaz de observar, registando sistematicamente esses dados. Os resultados (da experiência) observados são tomados como absolutamente correctos, concluindo os alunos a partir deles, sobre a experiência em causa.
- b) A maioria dos alunos (12) atende às sugestões dos outros elementos do grupo, registando-as, por vezes.
- c) Apenas 9 alunos registam sistematicamente o que a professora vai referindo durante a actividade experimental.

2º QUESTIONÁRIO	SEMPRE		ALGUMAS VEZES		RARAMENTE		NUNCA		OMISSOS	
6. As notas tiradas durante o trabalho devem referir-se:	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%
a) Ao que vai observando.	14	66,6	7	33,3	0	0	0	0	0	0
b) Ao que os colegas vão dizendo.	0	0	11	52,4	7	33,3	3	14,3	0	0
c) Ao que a professora indicou.	11	52,4	9	42,8	1	4,8	0	0	0	0
d) Outros: Tirar (notas sobre) o procedimento e os resultados.	1	4,8	0	0	0	0	0	0	0	0

Quadro 16 – Respostas dos alunos à 6ª pergunta do 2º questionário.

Após as actividades de experimentação verifica-se, nos alunos, uma ligeira modificação no sentido de confiar ligeiramente menos naquilo que observam e ligeiramente mais nos conhecimentos teóricos, representados pelos ensinamentos da professora, quanto à interpretação do que observam para efectuarem o seu registo. Este facto pode demonstrar uma mudança de atitude quanto à natureza positivista da ciência, apesar dos alunos continuarem a demonstrar pouca autonomia em relação à construção de conhecimento próprio.

1º QUESTIONÁRIO	SEMPRE		ALGUMAS VEZES		RARAMENTE		NUNCA		OMISSOS	
7. Costuma discutir o trabalho com os seus colegas de grupo:	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%
a) Na planificação inicial do trabalho prático.	8	38,1	6	28,6	3	14,3	0	0	4	19
b) Antes de dar início ao trabalho prático.	5	23,8	9	42,9	3	14,3	0	0	4	19
c) Durante a sua realização.	11	52,4	4	19	2	9,5	0	0	4	19
d) Após a sua realização.	7	38,1	7	38,1	2	9,5	1	4,8	4	19
e) Na elaboração do relatório final escrito	12	57,1	4	19	1	4,8	0	0	4	19

Quadro 17 – Respostas dos alunos à 7ª pergunta do 1º questionário.

A discussão sobre o trabalho a efectuar é realizada, pela maioria dos alunos da turma, fundamentalmente em dois momentos: durante o desenvolvimento do trabalho prático (11) e no final, aquando da redacção do respectivo relatório (12). Apenas 8 alunos discutem o trabalho durante a elaboração da planificação e um número semelhante (7) discute o trabalho após a sua realização. Ora, durante a realização do trabalho é difícil reflectir, seriamente, sobre o mesmo, incidindo a troca de opiniões fundamentalmente sobre os procedimentos a efectuar.

2º QUESTIONÁRIO	SEMPRE		ALGUMAS VEZES		RARAMENTE		NUNCA		OMISSOS	
7. A discussão do trabalho com os seus colegas de grupo deve ser feita:	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%
a) Na planificação inicial do trabalho prático.	13	61,9	6	28,6	2	9,5	0	0	0	0
b) Antes de dar início ao trabalho prático.	13	61,9	6	28,6	3	14,3	0	0	0	0
c) Durante a sua realização.	5	23,8	9	42,9	6	28,6	1	4,8	0	0
d) Após a sua realização.	12	57,1	6	28,6	3	14,3	0	0	0	0
e) Na elaboração do relatório final escrito.	13	61,9	5	23,8	1	4,8	2	9,5	0	0
f) Outros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Quadro 18 – Respostas dos alunos à 7ª pergunta do 2º questionário.

Treze alunos consideram que se deve fazer sempre uma discussão de grupo em dois momentos: previamente à realização do trabalho (abrangendo a planificação) e no final do trabalho, durante a elaboração do relatório, o que demonstra uma mudança de atitudes perante o trabalho corporativo.

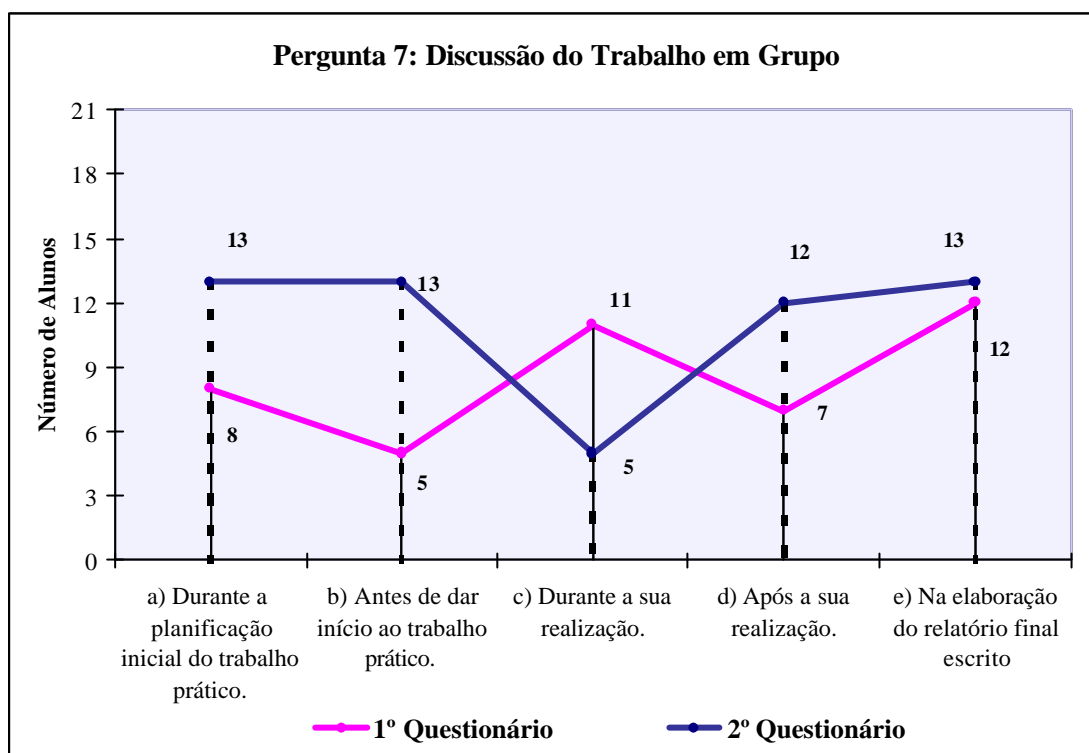


Gráfico 2- Comparação das respostas dadas à 7ª pergunta nos 1º e 2º questionários.

O gráfico da pergunta 7 põe em evidência a evolução dos alunos no que respeita às etapas que estes consideram dever ser objecto de discussão.

O 1º questionário revela que a discussão se fazia, habitualmente, durante a realização do trabalho experimental laboratorial e após a sua conclusão, durante a elaboração do relatório.

O 2º questionário revela os dois momentos em que os alunos consideram (após as actividades de experimentação) adequada a discussão do trabalho: durante a planificação, antes de dar início à prática e após a realização prática do trabalho.

Os momentos da discussão poderão estar associados ao tratamento de diferentes temas: durante o trabalho prático discutem-se, basicamente, procedimentos e quiçá, resultados obtidos. Antes de lhe dar início ou após o seu termo, existem melhores condições para uma reflexão conjunta sobre o tema, bem fundamentada teoricamente. Pode considerar-se que houve um aumento da necessidade de discussão entre os elementos dos grupos.

1º QUESTIONÁRIO	SEMPRE		ALGUMAS VEZES		RARAMENTE		NUNCA		OMISSOS	
8. Se discute o trabalho com os seus colegas de grupo, essa discussão diz respeito:	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%
a) À definição do problema.	5	23,8	8	38,1	3	14,3	1	4,8	4	19
b) À determinação do objectivo do trabalho.	9	42,9	7	33,3	1	4,8	0	0	4	19
c) À identificação dos conceitos teóricos ligados ao problema.	4	19	10	47,6	3	14,3	0	0	4	19
d) Ao registo dos dados durante o trabalho.	8	38,1	5	23,8	3	14,3	1	4,8	4	19
e) À interpretação dos dados de acordo com o problema definido.	8	38,1	7	33,3	2	9,5	0	0	4	19
f) À elaboração das conclusões do trabalho	10	47,6	4	19	3	14,3	0	0	4	19
g) À generalização do que aprendeu a novas situações.	0	0	8	38,1	8	38,1	1	4,8	4	19
h) A possíveis aplicações do que aprendeu no trabalho.	2	9,5	5	23,8	9	42,9	1	4,8	4	19

Quadro 19 – Respostas dos alunos à 8ª pergunta do 1º questionário.

Através do 1º questionário torna-se patente um estudo deficitário da situação problemática. A discussão do grupo incide maioritariamente sobre a determinação do objectivo do trabalho (11alunos), sendo a definição do problema e a sua contextualização teórica discutidos, sistematicamente, por apenas 5 e 4 alunos, respectivamente. A maioria dos alunos só ocasionalmente reflecte em grupo sobre a situação problemática, nomeadamente no que respeita às alíneas a) e c).

A interpretação dos dados de acordo com o problema definido não é, também, objecto de discussão sistemática pelo grupo, exceptuando para 8 alunos. Embora as conclusões sobre o trabalho sejam habitualmente discutidas por 10 alunos, nem todos eles debatem, devidamente, os resultados obtidos pelo que, muitas vezes, as suas conclusões não são fundamentadas. Verifica-se ainda que os trabalhos experimentais laboratoriais de TLBI são realizados, em grande parte, sem contemplar situações de aplicação dos novos

conhecimentos.

2º QUESTIONÁRIO	SEMPRE		ALGUMAS VEZES		RARAMENTE		NUNCA		OMISSOS	
	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%
8. A discussão com os seus colegas de grupo deve dizer respeito :										
a) À definição do problema.	17	81	4	19	0	0	0	0	0	0
b) À determinação do objectivo do trabalho.	13	62	8	38	0	0	0	0	0	0
c) À identificação dos conceitos teóricos ligados ao problema.	10	47,6	11	52,4	0	0	0	0	0	0
d) Ao registo dos dados durante o trabalho.	6	28,6	11	52,4	4	19	0	0	0	0
e) À interpretação dos dados de acordo com o problema definido.	13	62	7	38,1	1	4,8	0	0	0	0
f) À elaboração das conclusões do trabalho.	16	76,2	5	23,8	0	0	0	0	0	0
g) À generalização do que aprendeu a novas situações.	1	4,8	11	52,4	9	42,9	0	0	0	0
h) A possíveis aplicações do que aprendeu no trabalho.	6	28,6	11	52,4	4	19	0	0	0	0
i) Outros :	1	4,8	0	0	0	0	0	0	0	0
j) Discutir os possíveis erros que ocorreram no trabalho prático.										

Quadro 20 – Respostas dos alunos à 8ª pergunta do 2º questionário.

Verifica-se que, após as actividades de experimentação, aumentou substancialmente o número de alunos que considera ser importante uma discussão sobre a situação problemática inicialmente formulada. A definição do problema foi a etapa considerada por mais alunos (17) como merecedora de uma discussão de grupo e a contextualização teórica a menos referida (somente 10 alunos consideraram que deveria ser sempre objecto de discussão).

De igual modo, aumentou o número de alunos (de 8 para 13) que consideram dever-se

fazer sempre uma análise conjunta dos resultados obtidos, por forma a interpretar correctamente os dados.

O gráfico da pergunta 8 põe em evidência a evolução dos alunos quanto aos momentos do trabalho que devem ser objecto de discussão conjunta:

- no que respeita ao estudo da situação problemática, verifica-se que os alunos perceberam a importância da definição do problema e da determinação dos objectivos do trabalho; no entanto, apenas 10 alunos acham importante a discussão sobre os conceitos teóricos associados ao problema, o que implica que um estudo funcional dos conceitos envolvidos será realizado, por estes 10 alunos no máximo.
- embora haja uma evolução positiva quanto aos alunos que discutem a interpretação dos resultados e as conclusões, verifica-se, ainda, que é mais elevado o número de alunos que discute as conclusões do que aquele que discute a interpretação dos resultados, o que implica que há alunos que escrevem as conclusões do trabalho sem terem percebido os resultados do trabalho. Uma possível explicação para esta actuação dos alunos pode relacionar-se com a ideia preconcebida de que o trabalho experimental laboratorial deve confirmar a teoria. A conclusão seria, assim, discutida em função da teoria aprendida, independentemente dos resultados obtidos.

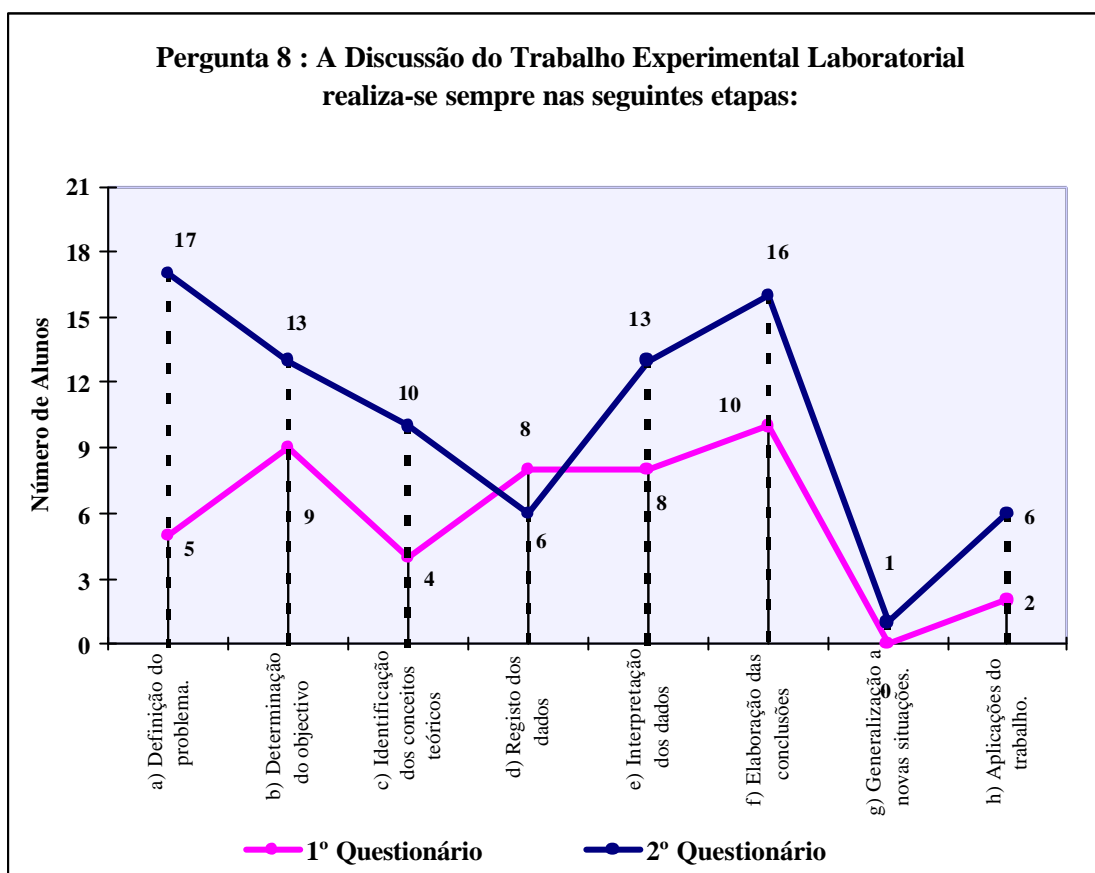


Gráfico 3 - Comparação das respostas dadas à 8ª pergunta nos 1º e 2º questionários.

As perguntas seguintes dizem ao tipo de textos de apoio utilizados pelos grupos na elaboração do relatório. Estas perguntas não foram formuladas no 2º questionário.

1º QUESTIONÁRIO	SEMPRE		ALGUMAS VEZES		RARAMENTE		NUNCA		OMISSOS	
	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%
9. No final do trabalho escreve um relatório. Para isso, utiliza como recursos:										
a) O protocolo experimental.	15	71,4	2	9,5	0	0	0	0	4	19
b) Outros textos de apoio.	13	61,9	4	19	0	0	0	0	4	19

Quadro 21 – Respostas dos alunos à 9ª pergunta do 1º questionário.

1º QUESTIONÁRIO	SEMPRE		ALGUMAS VEZES		RARAMENTE		NUNCA		OMISSOS	
10. No caso de utilizar outros textos de apoio, consulta:	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%
a) O seu manual adoptado de TLB ou de Ciências da Terra e da Vida – CTV.	14	66,6	3	14,3	0	0	0	0	4	19
b) As notas que foi registando durante o trabalho.	16	76,1	1	4,8	0	0	0	0	4	19
c) Outros manuais escolares.	5	23,8	7	33,3	3	14,3	2	9,5	4	19
d) Outros livros.	3	14,3	7	33,3	6	28,6	1	4,8	4	19
e) A Internet.	0	0	5	23,8	4	19	8	38,1	4	19

Quadro 22 – Respostas dos alunos à 10ª pergunta do 1º questionário.

A maioria dos alunos fundamenta o seu relatório nos seguintes textos de apoio: o protocolo experimental, os manuais adoptados de TLBI e de CTV e as notas registadas durante o trabalho. A consulta de outros livros ou da Internet é ocasional.

? **Análise das Perguntas de Resposta Aberta do 1º Questionário sobre a Escrita no Trabalho Experimental Laboratorial**

As respostas dos alunos encontram-se agrupadas por categorias. Em cada categoria é apresentado o número de alunos que lhe fez referência, bem como as justificações mais significativas.

11. O que permitirá, segundo o seu ponto de vista, descrever mais fielmente o trabalho experimental ? Transcreva a alínea que considera mais adequada, justificando a sua opção.

- a) Um relatório final do trabalho realizado.
- b) Um registo pessoal do trabalho efectuado sem a preocupação de seguir as etapas da elaboração de um relatório.
- c) Um resumo do trabalho.
- d) Uma descrição objectiva do trabalho.
- e) Outros

As respostas dos alunos dadas a cada alínea, encontram-se expostas no quadro.

a)	<p>Total: 12 respostas</p> <ul style="list-style-type: none"> ✍ Há um registo específico daquilo que foi feito e dos resultados obtidos....Com a sua leitura, qualquer pessoa poderá repetir o trabalho e compreender os resultados obtidos – 6 respostas - ... pois, se <u>existir um erro podemos ver o motivo desse mesmo erro</u> – 1 resposta. - Porque é uma descrição objectiva do trabalho , envolve <i>objectivos</i> como conclusão e discussão de resultados, que permitem a um leitor integrar-se dentro do assunto com mais facilidade – 1 resposta. ✍ É o mais completo e organizado – 3 respostas. ✍ Outros: <ul style="list-style-type: none"> - Pois obriga-nos a tomar em atenção todos os aspectos teóricos e práticos do tema – 1 resposta. - Porque nos obriga a pesquisar outros livros e aperceber melhor a matéria – 1 resposta.
b)	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Porque requer a atenção do aluno ao trabalho efectuado e descreve os conhecimentos do aluno –1 resposta.
c)	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Porque vamos dar tudo resumido, na prática – 1 resposta.
d)	<p>Total: 2 respostas</p> <ul style="list-style-type: none"> ✍ Porque se se descrever bem o trabalho, este será mais preciso e permitirá que se tenha uma ideia mais parecida com a realidade – 1 resposta. ✍ É mais fácil expor algumas ideias oralmente, do que num rigoroso relatório. Apesar disso o relatório continua a ser importante –1 resposta.
e)	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Não posso transcrever uma alínea, pois penso que todas elas são boas conforme as situações – 1 resposta.

Quadro 23 – Respostas dos alunos à 11ª pergunta do 1º Questionário.

Em resumo: a maioria dos alunos (12) considera que o relatório constitui a descrição mais fiel do trabalho experimental laboratorial realizado. No entanto, há alunos que consideram outros meios de efectuar a comunicação sobre o trabalho, igualmente válidos, nomeadamente, um registo pessoal ou uma exposição oral do trabalho. Estas últimas descrições podem estar relacionadas com os estilos cognitivos dos alunos e com a sua necessidade de um trabalho mais individualizado.

12. Das opções referidas na pergunta 11. indique aquela que, do seu ponto de vista, mais o incentiva a reflectir sobre o tema em estudo e lhe permite uma melhor aprendizagem. Justifique.

As respostas dos alunos articulam-se com as dadas nas respectivas alíneas da pergunta anterior.

11.a) Total de respostas: 3.

✍ É algo elaborado exclusivamente pelos alunos, logo é necessário uma compreensão global da matéria para elaborar um relatório objectivo, facilitando a aprendizagem – 3 respostas.

Estes alunos, dois justificaram a sua resposta, acrescentando ainda que:

- Porque ao fazermos o relatório temos que recordar e saber tudo o que foi dado.
- Porque de todas as alíneas, é o que contém todos os pontos de um trabalho experimental, obrigando o aluno a reflectir sobre toda a matéria e os respectivos resultados para verificar se a teoria se revela na prática.

11.b) Total de respostas: 3.

✍ Porque melhor me permite reflectir sobre o tema, pois ao fazer o meu próprio registo obriga-me a pensar qual o objectivo do trabalho e a interpretar resultados – 1 resposta.

✍ Pois obriga uma pessoa a compreender aquilo que realmente fez e assim também ajuda o aluno a compreender melhor as suas dúvidas e a tentar esclarecê-las – 1 resposta.

✍ Porque é a maneira como criamos diversos textos, conforme as matérias, em que nos é mais fácil compreender as informações pois fomos nós próprios que as redigimos e à nossa maneira – 1 resposta.

11.c) Total de respostas: 5.

✍ Porque assim temos o que é necessário mais resumidamente para estudar – 3 respostas. Um aluno acrescentou ainda :

- Porque faz parte do meu método de trabalho

✍ Pois é mais pequeno do que um relatório e só contém o que é importante – 1 respostas.

✍ Porque nos obriga a reflectir sobre o trabalho – 1 resposta.

11.d) Total de respostas: 4.

✍ Porque faz com que eu tenha que ligar as ideias e permite um maior desenvolvimento do raciocínio para saber qual o objectivo do trabalho – 2 respostas.

✍ Passamos a ter os pontos principais, vamos reflectir e aprofundar mais o tema em estudo – 1 respostas.

✍ Porque, por vezes, torna-se um pouco complicado encadear todas as ideias importantes do trabalho experimental. Penso que, após a realização destes trabalhos devíamos reunir todos os aspectos mais relevantes por fim é quando é mais necessário ter apontamentos sobre esses itens – 1 respostas.

11.e) Não apresentaram justificação, para as respostas dadas, 2 alunos.

Quadro 24 – Respostas dos alunos à 12ª pergunta do 1º questionário.

Em resumo: apenas para 3 alunos o relatório facilita a aprendizagem por permitir uma

compreensão global da matéria; no entanto, o relatório não é considerado por 4 alunos como uma descrição objectiva do trabalho; 3 alunos indicam, ainda, que um registo pessoal sem a preocupação de seguir as etapas preconizadas para a elaboração do relatório lhes permite encadear as ideias mais importantes e aprofundar o tema em estudo. No total, das dezassete respostas referidas, apenas 3 indicam o relatório como a construção verbal de conhecimento que mais os incentiva a reflectir sobre o tema em estudo e lhes permite uma melhor aprendizagem.

13.

a) Na escrita do trabalho experimental o que considera ser mais fácil? Justifique.

- ✍ O protocolo experimental – 10 respostas indicam o protocolo experimental ou o material e os procedimentos como o mais fácil de escrever. destacam-se as seguintes associações:
 - “O mais fácil é o protocolo e os registo dos resultados” – “os resultados são apenas o que uma pessoa observa” e “aponta-se logo que a experiência acaba” ;
- ✍ O mais fácil é o protocolo e a introdução teórica – 2 respostas (“...e, conforme adquirimos conhecimentos teóricos, a introdução teórica também se torna mais fácil”).
- ✍ Duas respostas indicam, como mais fácil, a introdução teórica pois “é uma questão de sintetizar os pontos mais importantes da matéria teórica”.
- ✍ Outros: 3 respostas
 - Uma crítica porque gosto de resumir o trabalho feito e de criticar o meu trabalho – 1 resposta
 - a redacção do texto – 1 resposta

Quadro 25 – Respostas dos alunos à 13ª, a) pergunta do 1º questionário.

10 alunos indicam o protocolo experimental ou o material e os métodos centrados na teoria como o mais fácil de descrever; 3 alunos referem ainda o registo de resultados; a introdução teórica é citada por 4 alunos como sendo de fácil execução dado que “...é uma questão de sintetizar os pontos mais importantes da matéria teórica...”

b) Na escrita do trabalho experimental o que considera ser mais difícil? Justifique.

- ✍ A introdução teórica sobre o tema - 2 respostas:
 - pois temos que aplicar e reunir todos os conceitos adquiridos sobre o objecto em estudo
 - A introdução pois requer uma compreensão global da matéria em estudo.

- ✍ A interpretação de resultados ou discussão – 4 respostas:
- Porque não sei o que escrever
 - é interpretar resultados, pois para isso temos que saber bem o que deveria ou não dar, o que por vezes não acontece.
 - Porque o trabalho deve ser feito de uma forma certa para os resultados coincidirem com o previsto.
- ✍ A conclusão (com referência à discussão de resultados) – 8 respostas:
- Porque nem sempre consigo fazer , não sei o que hei-de escrever ou que conclusão tirei / porque temos que dizer tudo o que obtemos com aquele trabalho / talvez encontrar uma crítica para o trabalho ou uma conclusão tenho dificuldade em elaborá-las – 4 respostas
 - A conclusão pois envolve a questão se a finalidade do trabalho foi ou não cumprida e se entendemos o que se passou o que por vezes é complicado.
 - acho mais difícil interpretar resultados e conclusões acerca do trabalho, porque, muitas vezes, nós alunos temos muitas dificuldades de relacionar e interpretar resultados.
 - chegar a uma conclusão. Porque nem sempre obtemos resultados que nos permitam tirar conclusões.
 - a conclusão, porque, por vezes não percebemos qual o objectivo do trabalho.
 - a elaboração da conclusão devido a certa dificuldade em esquematizar mentalmente a ordem , o porquê e quais os reagentes a aplicar nos diferentes tubos.
- ✍ A organização de ideias, previamente à elaboração do relatório, porque, por vezes, são tantas as informações que se torna difícil a organização – 1 resposta

Quadro 26 – Respostas dos alunos à 13ª b) pergunta do 1º questionário.

Em resumo: a conclusão sobre o trabalho é indicada por 8 alunos como o mais difícil mas são dadas várias justificações diferentes para esse facto; estas incluem, desde o desconhecimento do objectivo ou da finalidade do trabalho, à não obtenção de resultados, à não interpretação dos resultados e à não compreensão global do trabalho. As dificuldades na interpretação dos resultados são ainda indicadas por 4 alunos. Somente 2 alunos referem a introdução teórica como o mais difícil de descrever no relatório.

Análise da Pergunta Aberta do 2º Questionário sobre a Escrita no Trabalho Experimental Laboratorial

Optou-se por não se apresentar as perguntas 10 a 13, constantes do 1º questionário, tendo esta opção metodológica sido fundamentada no Capítulo 3. Em sua substituição

foi incluída, no 2º questionário, uma nova pergunta nove para conhecer a evolução da opinião dos alunos sobre a influência da escrita no trabalho experimental.

9. Comente a seguinte frase: perguntas orientadas podem permitir uma construção de conhecimento pelos alunos em trabalho experimental.

As respostas dos alunos encontram-se agrupadas por categorias, sendo ainda apresentado o número de alunos que lhe fez referência, bem como as justificações mais significativas.

✍	<u>Facilitam a realização do trabalho experimental/</u> permitem um melhor desenvolvimento do trabalho experimental/levam a uma maior compreensão do trabalho - 9 respostas.
✍	<u>As perguntas orientadas ajudam-nos a compreender o problema em causa</u> – 5 respostas:
-	“pois se nos forem fornecidas perguntas podemos depreender muitas vezes qual o problema e qual o método a seguir – 1 resposta.
-	conseguimos mais facilmente ligar uns conceitos uns aos outros e a “construir” um determinado caminho a seguir para a identificação do problema – 1 resposta.
✍	<u>Ajudam-nos na planificação do trabalho e na organização dos conhecimentos obtidos pois ficam mais estruturados e claros</u> – 7 respostas.
-	ajudam os alunos a seguirem os passos para a planificação dos procedimentos – 1 respostas.
✍	<u>Permitiram que os alunos pensassem a sério sobre o que estavam a fazer</u> – 5 respostas:
-	<u>perguntas gerais podem fazer com que os alunos pensem e raciocinem por si sem recurso ao livro ou a preconceitos já adquiridos</u> – 1 resposta.
-	os alunos sentem um apoio para aprender o necessário. Pois permitem que os alunos sigam um pensamento lógico em todas as suas actividades principalmente as práticas – 1 resposta.
✍	<u>Orientam-nos na construção do relatório</u> – 4 respostas:
-	mesmo para ajudar a elaborar o relatório (no que diz respeito à introdução e à discussão dos resultados) – 1 resposta.
Outros:	
✍	As perguntas orientadas e com uma sequência lógica levam a uma melhor compreensão da matéria teórica – 1 resposta.
✍	Os alunos conseguem estruturar melhor o seu método de trabalho – 2 respostas.
✍	<u>penso que os alunos conseguem “tirar conclusões mais acertadas”, uma vez que estas perguntas não esquecem nenhum pormenor que seja fundamental para a compreensão do trabalho</u> – 1 resposta.
✍	<u>Permitem-nos reflectir sobre os erros cometidos nos trabalhos experimentais</u> – 1 resposta.
✍	<u>pode ajudar na compreensão para as conclusões</u> – 1 resposta.

Quadro 27 – Respostas dos alunos à 9ª pergunta do 2º questionário.

Os alunos referem que as perguntas orientadas os auxiliam: na realização / compreensão do trabalho, na compreensão do problema e na planificação do trabalho e organização dos conhecimentos, permitindo que reflectam, profundamente, no que estão a fazer. Alguns alunos referem ainda o apoio na elaboração do relatório, no que diz respeito à introdução teórica e à interpretação dos resultados.

As perguntas orientadoras ajudam, portanto, os alunos a colmatar algumas das dificuldades expostas na pergunta anterior, pelas interrogações que levantam sobre pontos chave da realização do trabalho (objectivo do trabalho, compreensão global da matéria teórica, orientação da actividade prática, interpretação dos resultados obtidos e emissão de conclusões).

Análise do Relatório sobre o 1º Trabalho Experimental Laboratorial

É o primeiro trabalho experimental laboratorial sobre enzimas, visando dotar os alunos de experiência sobre o comportamento laboratorial desta molécula biológica. O tema do trabalho, explicitado neste estudo, é a variação da actividade catalítica (inorgânica e enzimática) em função da temperatura. O estudo experimental da amilase salivar apresenta, no entanto, problemas implícitos que devem ser explicitados e resolvidos para que os alunos possam construir conhecimento significativo.

Este trabalho reveste a forma de um exercício prático a efectuar segundo um protocolo tradicional. Proporciona experiência sobre o fenómeno e permite o desenvolvimento de habilidades técnicas específicas, sem no entanto constituir, no seu todo, uma actividade de índole investigadora.

Apresenta-se, de modo detalhado, a forma como foi realizada a análise do relatório do 1º trabalho experimental laboratorial :

1. Análise do Relatório no que Respeita à Elaboração e Articulação pelos Alunos das Seguintes Secções:

- 1.1. Introdução Teórica
 - 1.1.1. Exposição do Problema.
 - 1.1.2. Contextualização Teórica – Análise dos Principais Conceitos Elaborados em Função da Concepção e Resolução do Problema.
 - 1.1.3. Objectivo do Trabalho.
- 1.2. Apresentação do Material e dos Métodos Utilizados:
 - 1.2.1. Listagem do Material.
 - 1.2.2. Descrição do Método.
 - 1.2.3. Referência a Princípios do Método.
- 1.3. Interpretação dos Resultados Obtidos e Emissão de Conclusões
 - 1.3.1. Enumeração dos Grupos que, se Pronunciaram sobre a Presença ou Ausência da Reacção Química de Hidrólise - Referência à Apresentação ou Interpretação de Resultados, à Discussão ou à Emissão de Conclusões sobre os Resultados Obtidos, a Nível Químico.
 - 1.3.1.1. Apresentação dos Resultados Obtidos.
 - 1.3.1.2. Interpretação dos Resultados Obtidos nos Testes da Água Iodada e no

Reagente de Benedict (ou Fehling)

- 1.3.1.3. Discussão dos Resultados à luz do Problema Proposto.
- 1.3.1.4. Apresentação de Conclusões (de natureza química).
- 1.3.2. Enumeração dos Grupos que se Pronunciaram sobre a Catálise Inorgânica e a Catálise Enzimática - Estudo da Explicitação pelos Grupos da Interpretação de Resultados e Emissão de Conclusões à luz do Problema Proposto, Atendendo à Natureza Biológica das Enzimas.
 - 1.3.2.1. Interpretação dos Resultados - por todos os grupos de alunos, nos tubos 1 e 4, referentes à catálise inorgânica mediada pelo ácido clorídrico, para as temperaturas de 40° e de 100°C,.
 - 1.3.2.2. Interpretação dos Resultados à luz do Problema Proposto - no que concerne ao grupos A, B e F que realizaram esta etapa do trabalho.
 - 1.3.2.3. Interpretação dos Resultados - por todos os grupos de alunos, nos tubos 2, 5, 6 e 8, referentes à catálise pela amilase salivar: estudo da comparação feita entre os vários tubos, para as temperaturas de 4°, 40° e 100°C.
 - 1.3.2.4. Interpretação dos Resultados à luz do Problema Proposto - no que concerne ao trabalho dos grupos A, B e F.
2. Análise dos Principais Erros Cometidos na Execução do Protocolo.
 - 2.1. Erros Conceptais-Processuais referentes à Catálise pela Amilase Salivar.
 - 2.2. Erros Processuais referentes à Catálise pelo Ácido Clorídrico.
3. Gráfico de Síntese sobre o 1º Relatório.
 - 3.1. Gráfico relativo aos Grupos que Elaboraram as Secções do Relatório
4. Análise da Construção da Estrutura Conceptual sobre Enzimas no 1º Trabalho Experimental Laboratorial, no que respeita à:
 - 4.1. Elaboração da Estrutura Conceptual sobre Enzimas, no Estudo da Situação Problemática.
 - 4.2. Aplicação da Estrutura Conceptual sobre Enzimas Construída na Introdução Teórica - aplicação experimental laboratorial dos conceitos estruturados, suas articulações, propriedades e características.

4.3. Aplicação Experimental Laboratorial dos Conceitos Não Explicitados no Protocolo - referentes às propriedades sobre velocidade e eficácia enzimáticas, em condições óptimas de actuação.

5. Discussão e Conclusões sobre a Análise do Relatório.

1. Análise do Relatório no que Respeita à Elaboração e Articulação das Diversas Secções.

Cada um, dos 8 grupos de alunos, elaborou o respectivo relatório, sendo analisados todos os relatórios sobre o 1º trabalho experimental laboratorial.

1.1. Introdução Teórica.

Na introdução teórica foram analisados os seguintes conceitos:

1.1.1. Exposição do Problema

Seis grupos A,B, D, E, F e H não indicaram o problema de forma explícita, tendo no entanto referido, na sua introdução teórica, a problemática em causa:

- ? Os alunos integraram a acção enzimática no metabolismo dos seres vivos, de um modo geral, mencionando as temperaturas das reacções químicas compatíveis com a vida;
- ? Os alunos mencionaram a possibilidade da realização da hidrólise pelo ácido clorídrico como catalisador inorgânico pelo fornecimento de mais energia de activação ao sistema.

A descrição efectuada, constitui, no seu conjunto, uma referência precisa à situação problemática em estudo (como se processam as reacções químicas catalisadas por enzimas, no organismo dos seres vivos, a baixas temperaturas, sabendo que pela catálise inorgânica as mesmas reacções se dão a temperaturas mais altas ?). Os grupos C e G não formulam o problema nem implícita nem explicitamente.

Em suma: apesar de não terem exposto o problema, 6 grupos de alunos referiram na sua introdução teórica, aspectos fundamentais da situação problemática em estudo.

1.1.2. Contextualização Teórica

O estudo da hidrólise do amido catalisada pela amilase salivar e pelo ácido clorídrico é feito teoricamente por todos os grupos, exceptuando o grupo C cuja introdução teórica é muito incompleta. A actividade catalítica das enzimas é abordada no que respeita ao seguinte:

- ? Os grupos A, B, E, F, G, definem metabolismo, anabolismo e catabolismo, referindo-se à acção catalítica das enzimas em processos de metabolismo.
- ? É definida a noção de reacção química pelos grupos D, F, H. Os grupos A, B, G, D, F, H, indicam a necessidade de fornecer energia de activação ao sistema para que a reacção química possa ocorrer.
- ? Os grupos A, D, F, H definem catalisador.
- ? Todos os grupos, definem enzimas como biocatalisadores que baixam a energia de activação;
 - É estabelecida pelos seguintes grupos a distinção funcional entre o biocatalisador e o catalisador inorgânico, no que respeita à energia de activação requerida:
 - os grupos B e E indicam que a “energia de activação necessária quando se utiliza um catalisador inorgânico é superior à energia necessária quando se utiliza uma enzima”;
 - os grupos D, F referem que “as enzimas baixam a energia de activação característica da reacção química”.

No total, 4 grupos indicam que as enzimas baixam mais a energia de activação dos que os catalisadores inorgânicos, estabelecendo assim a distinção entre os dois catalisadores.

- ? Todos os grupos excepto o grupo A, referem que as enzimas aceleram a velocidade da reacção. Este último indica que os catalisadores aceleram a velocidade da reacção.
 - É estabelecida pelos seguintes grupos, a diferentes níveis, a distinção funcional entre o biocatalisador e o catalisador inorgânico, no que respeita à velocidade enzimática:
 - O grupo B refere que “como as enzimas são biocatalisadores as reacções ocorrem mais rapidamente, sendo mais eficientes”;

- Os grupos D, H, E referem que “este desdobramento faz-se de forma mais rápida e a temperaturas compatíveis com a vida” . No total 4/8 grupos fazem, de forma incompleta, uma comparação implícita com o catalisador inorgânico.
- Apenas o grupo F (1/8) explicita claramente que “as enzimas são catalisadores biológicos extremamente eficientes que aceleram em média 100 a 1000 vezes a velocidade de reacção”.

Apenas um grupo estabelece nitidamente a diferença entre a velocidade de catálise enzimática e a inorgânica. Quatro grupos indicam que a catálise enzimática se faz mais rapidamente (?) e a temperaturas compatíveis com a vida.

? A natureza proteica das enzimas é referida pelos grupos A, C, F, G: “as enzimas são proteínas”.

alteração enzimática com a temperatura – apenas o grupo F associa a temperatura a que é submetida a enzima à catálise enzimática “cada enzima tem uma temperatura óptima de actuação, para cima e para baixo da qual a actividade decresce. As baixas temperaturas tornam as enzimas inactivas, devido à falta de energia de activação ...as temperatura elevadas provocam a desnaturação da proteína que constitui a enzima...perde-se a configuração espacial... a temperatura óptima situa-se próximo da temperatura do organismo”. O grupo A refere a actuação enzimática “só para dados valores de pH e de temperatura”.

Apenas o grupo F refere que as enzimas desnaturam a altas temperaturas e inactivam a baixas. Só um grupo descreve adequadamente a catálise enzimática em função da temperatura.

? A hidrólise do amido é caracterizada pelos grupos B, D, E, F e H, sendo feita uma breve referência pelo grupo A.

Em suma - As enzimas são caracterizadas, por todos os grupos, como catalisadores biológicos que baixam a energia de activação e aceleram a velocidade das reacções químicas. A distinção funcional entre catalisador inorgânico e orgânico, no que respeita à energia de activação requerida só é feita por 4 grupos e, no que respeita à velocidade

da catálise, apenas 1 grupo estabelece uma distinção precisa, havendo 4 grupos que se limitam a atribuir às enzimas algumas características dos catalisadores. Apenas 4 grupos caracterizam as enzimas como proteínas e somente 1 grupo atribui às enzimas, na qualidade de moléculas proteicas, as propriedades de desnaturação a altas temperaturas e inactivação a baixas temperaturas e relaciona este facto com a catálise enzimática.

Quanto à concepção do trabalho, no seu todo, verifica-se que os alunos não interpretam a actividade no que respeita à emissão de hipóteses de resolução do problema, à estratégia adoptada e não discriminam as variáveis da experiência.

1.1.3. Objectivo do Trabalho

Com excepção dos grupos C e H todos os outros grupos copiaram o objectivo do trabalho descrito no protocolo.

Resumindo: verifica-se que o trabalho experimental laboratorial não é estruturado como um problema a resolver: o problema não é bem definido, não há uma explicitação da hipótese de trabalho e a elaboração semântica dos conhecimentos faz-se, sem que haja a definição das variáveis envolvidas.

1.2. Material e Métodos Utilizados:

1.2.1. Listagem do Material

Todos os grupos, com excepção do B copiaram a lista do material, descrito no protocolo. O grupo B não teve tempo de fazer o relatório, tendo entregue apenas um rascunho do seu trabalho.

1.2.2. Descrição do Método

Todos os grupos, com excepção do B, se referiram ao método utilizado: copiaram o método fornecido, esquematizaram o método através de um quadro ou reportaram esta secção à ficha de trabalho nº1.

1.2.3. Referência a Princípios do Método da Água Iodada e do Licor de Fehling

Apenas o grupo A caracterizou, separadamente, os testes da água iodada e do licor de Fehling, no que respeita à cor obtida como indicadora de determinadas substâncias e,

portanto, indicadora da realização ou não realização da hidrólise do amido; este grupo inventou uma nova lei sobre a utilização destes testes: “a água iodada , como indicador de amido...quando o teste é positivo diz-nos que existe amido, isto é diz-nos que a hidrólise não foi realizada. O licor de Fehling, como indicador de açúcares redutores, informa-nos de que existem açúcares redutores, isto é,... a hidrólise foi realizada. Geralmente, quando um teste dá positivo, o outro deve dar negativo, salvo raras exceções”. O grupo B caracterizou os testes referidos em relação a alguns tubos. Os outros grupos fizeram referências às técnicas empregues nos resultados apresentados, de uma forma mais ou menos incompleta e aleatória. Todas as referências foram apresentadas na discussão dos resultados / emissão de conclusões e não na secção de métodos.

Resumindo: com excepção do grupo B, todos os grupos apresentaram a listagem do material e descreveram o método utilizado. No entanto, apenas o grupo A caracterizou, separadamente, os testes aplicados de uma forma precisa, tendo o grupo B feito uma caracterização parcial dos testes. Esta caracterização foi sempre integrada, erradamente, na secção de interpretação de resultados/emissão de conclusões e não na de métodos.

1.3. Interpretação dos Resultados Obtidos / Emissão de Conclusões

1.3.1. Enumeração dos Grupos que, se Pronunciaram sobre a Presença ou Ausência da Reacção Química de Hidrólise - Referência à Apresentação ou Interpretação de Resultados, à Discussão ou à Emissão de Conclusões sobre os Resultados Obtidos, a Nível Químico.

1.3.1.1. Apresentação de resultados obtidos nos testes.

Todos os grupos excepto o G descrevem os resultados como sendo positivos ou negativos ou indicando a cor obtida nos testes. O relatório do grupo G limita-se a desenvolver uma introdução teórica e a descrever o material e os métodos utilizados, não apresentando os resultados obtidos, a sua interpretação e as conclusões.

1.3.1.2. Interpretação dos resultados obtidos nos testes da água iodada e do licor de Fehling.

O grupo H apresenta os resultados dos testes mas não os interpreta. No total, os grupos

G e H não interpretam os resultados obtidos nos testes nem se pronunciam sobre a ocorrência da hidrólise. Os outros grupos A, B, C, D, E, F concluem sobre a ocorrência ou ausência da hidrólise nos diversos tubos da experiência.

1.3.1.3. Discussão dos resultados à luz do problema proposto.

Os grupos C, D, G e H não interpretam os resultados à luz do problema proposto.

Apenas 3 grupos A, B e F apresentam, por escrito, a discussão dos resultados obtidos em função da problemática inicial, comparando a actuação de cada catalisador de acordo com a energia de activação fornecida ao sistema. Há ainda um outro grupo, (E) que apenas se pronuncia sobre o tubo 6. O grupo D obteve os resultados teoricamente esperados e discutiu-os com a professora. Não descreveu, no entanto, no seu relatório a discussão realizada nem a interpretação de resultados. (As alunas limitaram-se à elaboração da conclusão).

1.3.1.4. Apresentação de conclusões.

Os grupos C e G não apresentaram a conclusão do trabalho. Os grupos D e H apresentam conclusões que correspondem inteiramente aos dados teóricos já estudados, como se toda a experiência tivesse como objectivo a confirmação dos dados teóricos anteriormente aprendidos. (Estes 2 grupos não apresentaram, no seu relatório, qualquer discussão dos resultados) O grupo E só distingue o tubo 6, apresentando em seguida uma conclusão geral. Apenas os grupos A, B e F apresentaram, tubo a tubo, conclusões sobre a experiência realizada. Os grupos A e B apresentam a discussão dos resultados, seguida da conclusão. O grupo F apresenta a discussão dos seus resultados bem como a emissão de conclusões num rascunho apenso ao seu relatório.

Em suma: no que respeita à interpretação de resultados e emissão de conclusões constata-se que: 7 grupos (todos, excepto o grupo G) apresentam os resultados dos testes da água iodada e do licor de Fehling; 6 grupos interpretam-nos e pronunciam-se sobre a ocorrência da hidrólise do amido; apenas os 3 grupos A, B, e F, apresentam, tubo a tubo, a discussão dos resultados em função da problemática inicial (um outro grupo, E, procede deste modo apenas em relação ao tubo 6).

No total, os grupos A, B, D, E, F e H apresentam conclusões sobre o trabalho,

verificando-se que grupos D e H apresentam conclusões sem terem descrito a discussão dos seus resultados; as conclusões destes dois grupos correspondem à teoria aprendida anteriormente e no caso do grupo H, não apresentam qualquer relação com os resultados obtidos. Os grupos A, B e F após discutirem os seus resultados à luz do problema proposto, elaboraram as respectivas conclusões, tubo a tubo.

1.3.2. Enumeração dos Grupos que se Pronunciaram sobre a Catálise Inorgânica e a Catálise Enzimática - Estudo da Explicitação pelos Grupos da Interpretação de Resultados e Emissão de Conclusões à luz do Problema Proposto, Atendendo à Natureza Biológica das Enzimas.

1.3.2.1. Interpretação dos resultados obtidos nos tubos 1 e 4, referentes à catálise inorgânica mediada pelo ácido clorídrico, para as temperaturas de 40° e de 100°C.

? Dados obtidos com o tubo 1

(contém cozimento de amido e ácido clorídrico concentrado, incubados a 40°C, durante 5 minutos)

No que respeita ao tubo 1 verifica-se que:

- Os grupos A, B, C, D, E, F concluem sobre a não ocorrência da hidrólise.
- No entanto, apenas os grupos A e F discutem os resultados obtidos em função da energia de activação fornecida ao catalisador. Essa discussão é referida na análise comparativa com os resultados do tubo 4.

? Dados obtidos com o tubo 4

(contém cozimento de amido e ácido clorídrico concentrado, que foram levados à ebulição durante 5 minutos)

No que concerne ao tubo 4, verifica-se que:

- Obtiveram hidrólise os grupos C, D, E e H, mas apenas os grupos C e D se pronunciaram sobre a sua ocorrência. O grupo E obteve hidrólise, de acordo com os dados que descreveu, mas não confiou nos resultados obtidos tendo copiado a interpretação dos resultados pelos outros grupos.
- Os grupos A, B, E indicam que não se realizou a hidrólise.
- Os grupos A, B e F apesar de não terem conseguido realizar a hidrólise interpretaram os resultados obtidos de acordo com o problema proposto. Os

grupos A e B indicaram ausência de hidrólise e o grupo F não se pronunciou quanto a este tubo.

A hidrólise do amido catalisada pelo ácido clorídrico (tubo 4) revelou-se de difícil execução para os alunos: apenas 4 grupos (C, D, E e H) conseguiram realizar a hidrólise do amido pelo ácido clorídrico a 100°C, evidenciada pelos resultados obtidos nos testes da água iodada e do licor de Fehling e mencionados no relatório.

No que respeita à interpretação dos resultados obtidos por estes grupos, C e D limitam-se a afirmar que houve hidrólise; o grupo E afirma que não obteve hidrólise, mas os seus resultados indicam ocorrência de hidrólise (este grupo não confiou nos resultados obtidos, tendo copiado a sua conclusão pelos outros grupos); o grupo D na sua conclusão afirma que “...pode-se também verificar que a amilase não precisa de tanta energia de activação como o ácido clorídrico, pois este necessita de ser levado à ebulição para desencadear a reacção química da hidrólise do amido.”

Os grupos A, B, F discutiram os resultados que obtiveram, embora não tenham tido os resultados esperados teoricamente e serão analisados no ponto seguinte.

Em suma: Embora tendo obtido os resultados correctos, os grupos C, E e H não conseguiram interpretá-los e tirar conclusões sobre os mesmos. Apenas o grupo D conseguiu associar o problema proposto aos resultados obtidos, apesar de não ter apresentado a discussão dos resultados e de, na sua conclusão, se ter limitado a enunciar a teoria previamente aprendida.

1.3.2.2. Interpretação dos resultados à luz do problema proposto, no que concerne ao trabalho dos grupos A, B e F.

Dos alunos que não conseguiram hidrolisar o amido através do ácido clorídrico (A, B, F, G) os grupos A, B e F estabelecem uma relação entre os resultados teoricamente esperados e os obtidos, seguida da emissão de conclusões. No intuito de analisar a interpretação dos resultados pelos alunos, far-se-á, a transcrição de excertos das respostas destes grupos.

- O grupo A estabelece uma comparação entre o tubo 1 e o tubo 4 : “A hidrólise do amido não foi realizada. ... neste tubo (1) contendo cozimento de amido e ácido clorídrico (com o qual se pretendia hidrolisar o amido) verificamos que o ácido clorídrico não hidrolisa o amido.

Isto vem contradizer a teoria, pois esta diz que o ácido clorídrico, embora seja mais lento e necessite de mais energia de activação do que um catalisador orgânico, também hidrolisa o amido, assim como outras substâncias....neste tubo (1), como só estava à temperatura de 40° ainda podemos pensar que não foi fornecida energia suficiente, mas o tubo 4 , contendo os mesmos reagentes foi aquecido até à ebulição e não apresentou resultados diferentes."

Para este grupo, necessitar de mais energia de activação pode significar incubar o tubo a 40°C durante mais tempo, em vez de levar o tubo à ebulição (100°C). Como obtiveram resultados idênticos nos tubos 1 e 4 as alunas assumem que não há uma diferença qualitativa na reacção química, induzida pelas diferentes temperaturas. Dado que é fornecida energia ao sistema, as alunos poderão pensar que se dá alguma hidrólise, mas não muita, ou seja, desconhecem a possibilidade do “tudo ou nada”, de a hidrólise só se dar a 100°C e não a temperaturas mais baixas, mesmo que o sistema seja mantido a 40° C por muito tempo. A relação existente entre o catalisador e a temperatura não é bem compreendida pelas alunas.

- O grupo B diz que: “ Os resultados são iguais aos do tubo 1. A hidrólise não ocorreu porque um catalisador inorgânico não é tão eficiente como um biocatalisador.”

A comparação é feita com a actividade da amilase salivar, que catalisa a reacção a 40°C. Devido a dificuldades processuais e não de natureza cognitiva, as alunas não souberam a que atribuir o facto de o catalisador inorgânico não ter actuado.

- O grupo F, no seu rascunho, refere que “o amido a 100°C com o ácido clorídrico devia hidrolisar”. Indica ainda que a energia fornecida (no tubo 4) foi maior do que nos tubos anteriores, mas não tira qualquer conclusão sobre a ocorrência de hidrólise, dado os resultados que obteve.

Em suma: verifica-se que estes grupos (A, B e F) estabeleceram um confronto entre a teoria aprendida e os resultados obtidos, embora sem conseguir perceber o que ocasionou os seus resultados. A discussão de resultados feita pelo grupo A revela confusão, a nível semântico, da frase “necessita de mais energia de activação”, podendo o “mais” corresponder a mais tempo de incubação a 40°C ou a uma incubação a uma temperatura mais elevada. Também o grupo B não explica o significado de “catalisador eficiente”.

1.3.2.3. Interpretação dos resultados obtidos nos tubos 2, 5, 6 e 8 referentes à catálise pela amilase salivar – estudo da comparação feita entre os vários tubos para as temperaturas de 4°, 40° e 100°C.

? Dados obtidos no tubo 2

(contém cozimento de amido e saliva, com incubação a 40°C)

- Os grupos A, B, C, D, E, F concluem sobre a ocorrência da hidrólise, embora o grupo E tenha se expressado mal (utilizou a palavra catálise em vez de hidrólise “a saliva *catalizou* o amido”).
- Os grupos A, B, F relacionam a actuação da amilase salivar com a temperatura:
 - os grupos B e F comparam a energia de activação requerida pela amilase salivar e pelo ácido clorídrico.
 - O grupo A estabelece a comparação entre a incubação do cozimento de amido e saliva a 40°C e a 100°C.

Em suma: 6 grupos constataam que se deu a hidrólise do amido no tubo 2 ; no entanto, apenas 3 grupos A, B e F, relacionam a actuação da amilase salivar com a temperatura.

? Dados obtidos nos tubos 5 e 6

(tubo 5 – cozimento de amido e saliva levados à ebulição; tubo 6 – cozimento de amido e saliva fervida, levados à ebulição)

- Tubo 5 – os grupos A, B, C, D, E, F indicam que a hidrólise ocorreu.
- Tubo 6 – apenas os grupos C e D apresentam resultados compatíveis com a ausência de hidrólise e indicam que esta não ocorreu, o que corresponde aos resultados esperados. Os outros grupos A, B, E, F, H apresentam resultados compatíveis com hidrólise pelo menos num dos testes e os grupos A, B, E, F referem a possibilidade de a hidrólise se ter dado.
- Os grupos A, B, E e F interpretam os resultados de acordo com o problema proposto.

Em suma: salvo os grupos A, B, E e F que interpretam os resultados em função do problema proposto nos tubos 5 e 6 (o grupo E só interpreta o tubo 6), os outros grupos limitam-se a expressar os resultados dos testes e a indicar a ocorrência ou ausência de hidrólise. Todos os grupos, excepto os G e H, num total de 6, concluem sobre a ocorrência de hidrólise no tubo 5 e apenas os grupos C e D apresentam valores

compatíveis com a ausência de hidrólise no tubo 6 e referem esse facto.

? **Dados obtidos com o tubo 8**

(contém cozimento de amido e saliva, incubados a 4°C)

- 6 grupos pronunciam-se sobre a ocorrência da hidrólise do amido. Destes, apenas o grupo C indica resultados correctos (ausência de hidrólise).
- Apenas os grupos A, B e F interpretam os resultados de acordo com o problema proposto.

Em suma: apenas 1 grupo obteve os resultados correctos, tendo-se pronunciado 6 grupos sobre a ocorrência de hidrólise. Apenas 3 grupos interpretam os resultados em função do problema proposto.

1.3.2.4. Interpretação dos resultados à luz do problema proposto, respeitando o trabalho dos grupos A, B e F.

(tubo 2 – contém cozimento de amido e saliva, com incubação a 40°C; tubo 5 – contém cozimento de amido e saliva levados à ebulição; tubo 6 – contém cozimento de amido e saliva fervida, levados à ebulição; tubo 8 – contém cozimento de amido e saliva, incubados a 4°C.)

A análise versa apenas sobre o trabalho de 3 grupos porque foram os únicos que interpretaram os resultados à luz do problema proposto. Os outros grupos não apresentaram qualquer interpretação dos resultados.

Grupo A - análise das interpretações dos tubos 2, 5, 6 e 8:

- ? **Tubo 2** - a hidrólise foi realizada. A teoria confirma-se na prática, isto é, a saliva hidrolisa o amido.
- ? **Tubo 5** – comparando o tubo 2 com o tubo 5, cuja única diferença foi ter sido levado à ebulição... o 5 hidrolisou melhor o amido... não há justificação para o facto.
- ? **Tubo 6** – os testes não foram muito precisos... revelando que existia, simultaneamente amido e açúcares no seu interior. A saliva utilizada foi previamente fervida: assim, podemos atribuir a este facto a deficiência da acção da amilase salivar ...isto é, como as enzimas são proteínas, podem alterar-se fora do seu meio (desnaturação). A amilase salivar actua a uma temperatura na ordem dos 37°C e, quando foi levada à ebulição, pode perfeitamente ter-se alterado e deixado de actuar tão eficazmente.
- ? **Tubo 8** - ... o mais intrigante foi observarmos que no tubo 8, com os mesmos reagentes mas com uma temperatura de 4°-5° C (também diferente da temperatura habitual da enzima) esta teve um desempenho excelente (houve hidrólise do amido), podemos dizer, até melhor do que uma

temperatura de 37°C, pois o teste da água iodada deu uma cor mais clara. Este é um facto que não conseguimos explicar, só se for algum erro do nosso trabalho.

As alunas entendem a desnaturação da enzima como alterando parcialmente o funcionamento enzimático, tornando-o deficiente, mas não impedindo a catálise enzimática. Nota-se aqui, novamente, o desconhecimento da “lei do tudo ou nada” no que se refere à catálise enzimática, para valores de temperatura ou demasiado baixos (que provocam a inactivação da enzima) ou demasiado altos (que provocam a sua desnaturação). Perante a hidrólise parcial do amido, em condições que as alunas crêem ser teoricamente insustentáveis, as alunas supõem que a enzima actua mais lentamente, sendo menos eficaz e não põem a hipótese de a enzima ter actuado, muito rapidamente, antes de ter sido submetida às temperaturas mencionadas.

Grupo B – análise dos tubos 2, 5, 6 e 8

(tubo 2 – contém cozimento de amido e saliva, com incubação a 40°C; tubo 5 – contém cozimento de amido e saliva levados à ebulição; tubo 6 – contém cozimento de amido e saliva fervida, levados à ebulição; tubo 8 – contém cozimento de amido e saliva, incubados a 4°C).

- ? **Tubo 2** - Houve hidrólise. Como a saliva é constituída pela enzima amilase salivar, a sua energia de activação será menor do que a energia necessária no tubo 1, ocorrendo a hidrólise do amido. Isto podemos concluir a partir do teste do reagente de Benedict que originou uma solução cor de laranja. Mas com o teste da água iodada verificou-se uma solução azul (presença de amido). Pode-se concluir que houve hidrólise de amido mas que nem todo o amido foi hidrolisado, ou porque seria necessário mais tempo ou mais amilase salivar.
- ? **Tubo 5** – “...como se forneceu mais energia (100°C) e como se trata de um biocatalisador, a reacção deu-se mais rapidamente. No tubo 4, a hidrólise não ocorreu porque um catalisador orgânico não é tão eficiente como um biocatalisador”.
- ? **Tubo 8** – “apesar de não ter sido fornecida ao sistema grande quantidade de energia, a saliva como biocatalisador provocou a hidrólise”.

Este grupo justificou os resultados obtidos no tubo 6 como aplicação deficiente da técnica (mistura dos reagentes mal feita) pelo que, a este nível não se podem tirar conclusões.

Em relação aos tubos 5 e 8, justificam os resultados obtidos da seguinte forma: “porque um biocatalisador é muito eficaz”, sem conseguir explicar as causas dessa eficácia

(condições óptimas de actuação enzimática).

Em conclusão: o grupo B não interpreta os resultados segundo os valores de temperatura precisos a que foi submetido o sistema – as alunas referem mais ou menos energia e mais ou menos eficácia, concluindo que um biocatalisador actua sempre para diferentes valores de temperatura porque é mais eficaz. São descuradas as noções teóricas de desnaturação enzimática e de enzima inactiva devido a uma baixa energia de activação.

Grupo F – análise dos tubos 2, 5, 6 e 8

(tubo 2 – contém cozimento de amido e saliva, com incubação a 40°C; tubo 5 – contém cozimento de amido e saliva levados à ebulição; tubo 6 – contém cozimento de amido e saliva fervida, levados à ebulição; tubo 8 – contém cozimento de amido e saliva, incubados a 4°C).

São transcritas, do rascunho do grupo, as frases correspondentes à interpretação do resultados obtidos nos tubos referidos.

T2 – saliva – 40°C – hidrólise do amido (tijolo e pouco roxo – pouco amido)

“Saliva - não precisa de mais temperatura para fazer a hidrólise do amido, como o ácido clorídrico.”

T5 – saliva + amido - 40°C hidrólise -----100°C hidrólise, mais rapidamente

- Iodo – azul - havia amido
- Benedict – havia glicose } hidrólise

T6 – saliva previamente fervida + amido – voltar a ferver 100° C:

- Iodo : azul escuro
- Benedict: tijolo

“Ferver a saliva não interfere nas suas propriedades”

T8 – saliva + amido – gelo – houve hidrólise – cor de tijolo (reagente de Benedict – aquecer até ferver)

Podemos concluir que baixando a temperatura, as enzimas não actuam - ficou tijolo depois de serem aquecidos.

(esta “conclusão” é um dado teórico. A interpretação não é correcta, dado que o reagente de Benedict desnatura a enzima devido ao seu pH, impedindo-a de catalisar a reacção).

- A 40°C : o ácido clorídrico não faz a hidrólise do amido; a saliva faz.; a água destilada não hidrolisa o amido.

- A 100°C: o ácido clorídrico em princípio hidrolisa mas, como foi mais diluído não podemos provar esse resultado; saliva – há hidrólise; saliva previamente fervida – há hidrólise; água destilada – não há hidrólise.
- a 4°C: em princípio há hidrólise.

O grupo tenta interpretar os dados obtidos, associando a teoria estudada ao que observa, mas não mantém sempre o mesmo critério: para 4°C considera válida a teoria que refere a inactivação enzimática por falta de energia de activação e tenta justificar os resultados obtidos por um posterior aquecimento do tubo (em condições que nunca permitiriam a catálise enzimática). Neste caso, a conclusão baseia-se na teoria estudada.

Para 100°C considera que os valores que obteve estão correctos e faz afirmações contrárias ao que descreveu na sua contextualização teórica. Estas afirmações fundamentam-se apenas na percepção que o grupo teve do trabalho que realizou: o grupo “viu” a enzima actuar a 100°C, razão pela qual a desnaturação a temperaturas elevadas e a inactivação enzimática anteriormente referidas deixam de ser válidas.

Nenhum destes 3 grupos A, B ou F formula a possibilidade de a enzima ter actuado antes da mistura ter sido posta a incubar a 4°C ou levada à ebulição a 100°C. No entanto, a velocidade da catálise enzimática é referida na contextualização teórica pelos 3 grupos embora com diferentes graus de discriminação.

2. Análise dos Principais Erros Cometidos na Execução do Protocolo.

2.1. Erros Conceptuais-Processuais referentes à Catálise pela Amilase Salivar

Os resultados obtidos pelos grupos e descritos no relatório permitem inferir da realização de dois erros conceptuais-processuais, durante a execução do protocolo, no que respeita ao tratamento dado à amilase salivar:

? Tubo 6

(contém cozimento de amido e saliva fervida, levados à ebulição)

Procedimento errado - os alunos ferveram a saliva num tubo de ensaio tendo, em seguida, adicionado o cozimento de amido e agitado o tubo, por forma a misturar o seu

conteúdo.. Esqueceram-se de que as paredes do tubo podiam conter saliva não fervida, dado que só se pode expor à chama a parte do tubo contendo líquido. Este erro foi cometido pelos grupos A, B, E, F e H. Não cometeram este erro os grupos C e D. O grupo G não apresentou resultados.

Consequência do erro – o tubo 6, contendo saliva fervida e cozimento de amido, apresentou-se contaminado por saliva não fervida, falseando os resultados (parte do amido foi hidrolisado pela pequena porção de saliva não fervida).

? **Tubo 8**

(contém cozimento de amido e saliva, incubados a 4°C)

Procedimento errado – os alunos misturaram previamente saliva e cozimento de amido, à temperatura ambiente e, só depois, colocaram o tubo a incubar a 4° C, exceptuando o grupo C (7 grupos). O protocolo continha apenas uma indicação da manutenção do tubo 8 com cozimento de amido, a 4°C; durante a actividade a professora sugeriu que colocassem, separadamente, saliva e cozimento de amido, em dois tubos no gelo e que só após terem atingido a temperatura de 4°C se deveria proceder à mistura.


Consequência do erro – o tubo 8 que deveria permanecer sempre a 4°C, atingiu temperaturas muito superiores, falseando os resultados (parte do amido foi hidrolisada, antes que fosse atingida a temperatura de 4°C).

Conhecimentos que deveriam ter sido aplicados nos procedimentos (execução do protocolo, interpretação de dados...) referentes aos tubos 6 e 8 - a velocidade da catálise enzimática e a sua eficácia são muito grandes, para valores óptimos de temperatura.

2.2. Erros Processuais Respeitantes à Catálise pelo Ácido Clorídrico

Em relação à catálise realizada pelo ácido clorídrico verificaram-se dificuldades de aplicação da técnica, de carácter meramente processual, que levaram a que só 4 grupos (C, D, E, H) tenham conseguido realizar a hidrólise. Como não estão envolvidos factores de ordem conceptual, o tema não será objecto de análise a nível dos erros cometidos mas apenas na interpretação dos resultados e emissão de conclusões.

O quadro 28 indica os grupos que cometeram os erros conceptuais-processuais referidos.

	A	B	C	D	E	F	G	H
Contaminação das paredes do tubo por saliva não fervida	x	x			x	x	0	x
Adição da amilase salivar ao cozimento de amido à temperatura ambiente.	x	x		x	x	x	0	x
x – cometeu o erro enunciado; 0 – não apresentou resultados;  não cometeu o erro referido.								

Quadro 28 – Grupos que cometeram erros conceptuais-processuais

3. Gráfico de Síntese sobre o 1º Relatório

O Gráfico 4 apresenta os dados referentes ao número de grupos que elaborou as diversas secções do relatório.

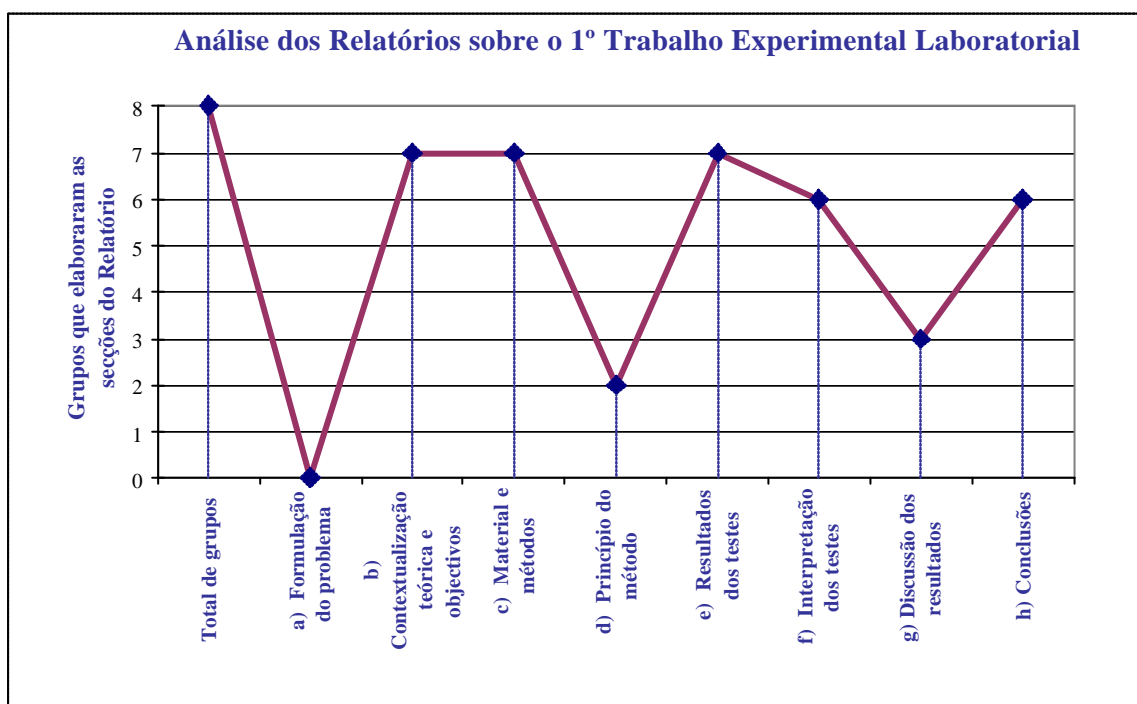


Gráfico 4 – Número de grupos que elaborou cada secção do 1º Relatório.

A análise do relatório sobre o 1º trabalho elaborado pelos grupos apoia as seguintes conclusões:

O trabalho experimental laboratorial não é interpretado como um problema a resolver. Como tal, não são explicitadas a hipótese de trabalho subjacente ao protocolo, nem a estratégia adoptada; os grupos não referem as variáveis do trabalho experimental.

Privilegiam o trabalho rotineiro, que oferece menores dificuldades de consecução, tendo a maioria dos grupos (7) realizado as secções do relatório correspondentes à contextualização teórica (através de um resumo feito a partir do seu manual) e à cópia dos objectivos, do material e dos métodos a aplicar (apenas dois grupos não copiaram o método a partir da ficha), bem como ao registo dos resultados obtidos nos testes.

No que concerne à articulação dos temas desenvolvidos nas diversas secções nota-se “um esquecimento” da maioria dos grupos (5) em relação à interpretação dos resultados à luz do problema proposto. A formulação pouco explícita do problema pode contribuir para um certo alheamento deste e para um desvio da atenção para a execução do protocolo e para o simples registo dos resultados obtidos. A maioria dos grupos (6) tira conclusões sobre o trabalho, mas apenas 3 grupos interpretam os resultados de acordo com a problemática inicial e tiram conclusões sobre o trabalho que realmente realizaram.

4. Análise da Construção da Estrutura Conceptual sobre Enzimas no 1º Trabalho Experimental Laboratorial

4.1. Elaboração da Estrutura Conceptual no Estudo da Situação Problemática.

A elaboração semântica dos conhecimentos, feita durante a introdução teórica, é referida abaixo. Os alunos estabelecem algumas relações de interdependência entre os conceitos descritos, mas de forma incipiente e nem sempre muito precisa. Estas relações são também objecto de construção semântica e tendem a ser esquecidas. No seu conjunto, é elaborado um conceito de enzimas, ainda elementar, relativo à actividade.

Para cada conceito trabalhado são indicadas as frases ou termos mais representativos e enumerados os grupos que os elaboraram:

? Construção semântica de energia de activação de uma reacção química

Três grupos definem reacção química e 6 grupos definem energia de activação, indicando a necessidade de fornecer esta energia ao sistema para que a reacção possa ocorrer.

? **Construção semântica de catalisador inorgânico**

Quatro grupos definem catalisador como “substância que tem a capacidade de aumentar a velocidade das reacções químicas (D,H, F) ou diminuir a energia de activação” (A) e ainda como :...”o catalisador acelera a reacção e não intervém nos produtos finais da reacção”

? **Caracterização da catálise inorgânica**

Para 4 grupos: “a hidrólise do amido pode ocorrer pelo aumento de temperatura e na presença de um catalisador inorgânico” (B, D, F, H).

? **Construção semântica de metabolismo**

Cinco grupos definem metabolismo e referem a acção catalítica das enzimas em processos de metabolismo.

? **Construção semântica de biocatalisador:**

- Noção de enzima como catalisador – todos os grupos definem as enzimas como “catalisadores biológicos” que “baixam a energia de activação” e todos os grupos excepto o A referem que “aceleram a velocidade da reacções químicas”.
- Distinção entre biocatalisador e catalisador inorgânico, quanto à energia de activação - 4 grupos indicam que as enzimas baixam mais a energia de activação do que um catalisador inorgânico.
- Distinção entre biocatalisador e catalisador inorgânico, quanto à velocidade enzimática. - 3 grupos indicam que “a amilase salivar actua sobre o amido transformando-o em moléculas mais simples; este desdobramento faz-se de forma mais rápida e a temperaturas compatíveis com a vida” (D, E, H). “as reacções ocorrem mais rapidamente porque os biocatalisadores são mais eficientes (B).
- As enzimas são catalisadores biológicos extremamente eficientes que aceleram em média 100 a 1000 vezes a velocidade de reacção – F.

? **Construção do significado de enzima na qualidade de molécula proteica.**

- 4 grupos (A, C, F, G) descrevem as enzimas como proteínas.
- 1 grupo refere que as enzimas desnaturam a temperaturas da ordem dos 60°C (F).
- 1 grupo refere que as enzimas ficam inactivas a temperaturas da ordem dos 4°C (F).

? **Articulação entre os significados de biocatalisador e de activação da catálise, em função da temperatura.**

- Um grupo refere que as enzimas desnaturam a temperaturas da ordem dos 60°C, não catalisando a reacção (F). Apenas este grupo (F) refere que as enzimas ficam inactivas a temperaturas da ordem dos 4°C, não catalisando a reacção.

? **Significados relativos à associação entre a velocidade enzimática e a temperatura.**

Embora integrem o padrão temático em construção, estes significados apenas são explicitados pelo grupo F:

- Relativos à velocidade enzimática: “em condições óptimas do meio, as enzimas catalisam milhares de reacções químicas por segundo”
- Relativos à eficácia enzimática – “em condições óptimas do meio, uma pequena quantidade de enzima catalisa uma grande quantidade de substrato”

? **Significados não trabalhados por nenhum grupo**

A actividade enzimática varia dentro de um dado intervalo de temperaturas, para as quais apresenta valores situados entre um mínimo e um máximo de actividade.

4.2. Aplicação do Esquema Conceptual sobre Enzimas Desenvolvido – Aplicação Experimental Laboratorial dos Significados Elaborados na Introdução Teórica

Os conhecimentos descritos são aplicados ao trabalho experimental laboratorial, nas

etapas seguintes: execução do protocolo, interpretação de dados e emissão de conclusões.

? **Aplicação dos significados elaborados: energia de activação de uma reacção química e função catalítica (inorgânica ou biológica).**

- Sete grupos executam o protocolo referente à catálise, quer inorgânica quer biológica e apresentam os resultados;
- Seis grupos interpretam os resultados, indicando se ocorreu ou não hidrólise, ou seja se o catalisador actuou ou não actuou.
- Cinco grupos limitam-se a interpretar os resultados dos testes do licor de Fehling ou da água iodada: não articulam os resultados obtidos com o problema proposto. A sua interpretação de resultados / emissão de conclusões leva a crer que, para estes grupos, o que está em causa é a ocorrência da reacção química de hidrólise e não a relação existente entre a actividade catalítica e a temperatura fornecida ao sistema.
- Verifica-se, ainda, que a actividade catalítica é abordada de uma forma geral, independentemente do tipo de catalisador, ou seja, não é utilizada nenhuma característica do biocatalisador no que respeita à interpretação dos resultados.

? **Aplicação dos seguintes significados interligados: noção de enzima como um biocatalisador de natureza proteica, cuja actividade catalítica depende da temperatura**

Apenas três grupos (havendo ainda um outro grupo, E, que interpretou um único tubo), associam os resultados que obtiveram ao problema proposto, relacionando a catálise enzimática com a temperatura a que a enzima foi submetida, na interpretação dos resultados/emissão de conclusões. As interpretações diferem consoante as condições de realização da experiência, registando-se 3 tipos de interpretação:

- A enzima actuou em condições óptimas (incubação a cerca de 40°C) – os resultados obtidos corresponderam aos que os 3 grupos esperavam teoricamente que acontecesse, sendo tiradas as conclusões “correctas”. Conforme dito pelo grupo A, “a teoria verifica-se na prática”.

- A enzima “actuou” a 4°C – um grupo indica que as enzimas não actuam a 4°C, pondo a hipótese de se ter dado a hidrólise durante a aplicação do teste pelo licor de Fehling; um grupo não consegue explicar o sucedido, pondo a hipótese de ter cometido um erro. Um grupo justifica os resultados dizendo que “um biocatalisador é muito eficaz”.
- A enzima “actuou” a 100°C – os grupos indicam que: ferver saliva não altera as suas propriedades (grupos F e E); a amilase salivar, por ter sido fervida, ficou deficiente e actuou mais lentamente (grupo A); um biocatalisador actua sempre para diferentes valores de temperatura porque é mais eficaz (grupo B).
- Verifica-se, ainda, que há alunos que elaboram a sua conclusão com dados teóricos previamente fornecidos (o que fará sentido se supuserem que o objectivo do trabalho prático é a confirmação da matéria teórica) – trata-se de uma concepção prévia sobre os objectivos do trabalho laboratorial.

4.3. Aplicação experimental laboratorial dos Conceitos não Explicitados no Protocolo, referentes às Propriedades sobre velocidade e eficácia enzimáticas em condições óptimas de actuação.

- Aplicação a nível da execução do protocolo: só adicionar a amilase salivar se os reagentes estiverem todos à temperatura pretendida (grupo C); evitar a contaminação dos tubos de ensaio (grupo C e D). Apenas os grupos C ou D executaram o protocolo de acordo com a velocidade ou a eficácia enzimáticas.

? Aplicação a nível da interpretação de dados e emissão de conclusões

- Nenhum grupo põe a hipótese de a amilase salivar ter actuado: antes de a mistura ter atingido a temperatura pretendida; por ter havido contaminação do tubo.

Resumindo: Os alunos não interpretam as actividades como um problema a resolver. A articulação dos conhecimentos pelos alunos durante o trabalho experimental laboratorial dá origem a um esquema conceptual distorcido devido a conhecimentos omissos ou mal elaborados durante o estudo da situação problemática. A aplicação deste padrão conduz

a erros de execução do protocolo e de interpretação dos resultados. Em face do que observaram, os alunos não hesitaram em fazer afirmações que contrariam os conhecimentos científicos anteriormente estudados e descritos no seu relatório.

Embora o trabalho verse sobre a relação existente entre a catálise e a temperatura, o certo é que outras características das enzimas são também aplicadas, simultaneamente, pela primeira vez em laboratório, estando assim, em causa, o seu estudo experimental. No entanto, esta aplicação não é explicitada: a velocidade de actuação da amilase salivar num intervalo de temperatura óptima não é referida no protocolo. Os alunos enquadram-na teoricamente, mas como nunca trabalharam em laboratório com enzimas, desconhecem o seu significado real. Desta forma, não aplicam este conhecimento, quer durante a execução do protocolo quer durante a interpretação dos resultados, associando apenas os conhecimentos que consideram estar em causa. No entanto, se os alunos não associarem este conhecimento aos dados obtidos, não poderão fazer uma interpretação correcta dos mesmos. Este “esquecimento” de outras propriedades das enzimas leva a uma construção de um esquema conceptual distorcido.

5. Discussão e Conclusão sobre a Análise do 1º Relatório

Neste trabalho experimental laboratorial, realizado de forma tradicional, segundo um protocolo previamente distribuído aos alunos, verifica-se que:

? Os alunos não interpretam, de forma sistemática, (ou não descrevem a sua interpretação sobre) o protocolo, de forma a interpretar o problema a resolver: não são definidas/enunciadas as hipóteses de trabalho, a estratégia adoptada, as variáveis ou os respectivos controlos. O estudo dos conceitos surge, assim, dissociado da sua aplicação experimental laboratorial.

? No que respeita à interpretação de resultados, constata-se uma diferença grande no trabalho desenvolvido pelos alunos que obtêm melhores classificações em relação aos outros:

- os primeiros articulam as diversas secções do relatório, estabelecendo associações entre os temas estudados, a nível conceptual-processual: interpretam os resultados de acordo com o problema proposto, utilizando, nas suas propostas de solução, os conhecimentos estruturados durante o trabalho; raciocinam sobre o seu trabalho, propõem justificações para os resultados que obtêm, arriscam-se a pensar sobre o

tema em causa e a propor soluções que, por vezes, não são nada ortodoxas (arriscam hipóteses de trabalho, propõem estratégias alternativas de resolução, fazem perguntas sobre os valores possíveis para as variáveis e sobre as inferências que realizam e que estão, muitas vezes, erradas).

- Os segundos concentram-se, preferencialmente, na execução do protocolo; a contextualização teórica realizada é pouco utilizada durante a execução do trabalho e a interpretação dos dados.

? Em relação à sua percepção do trabalho, os alunos demonstram uma enorme confiança na sua experiência; o trabalho experimental que realizam e cujos resultados observam e anotam é inquestionável, dado que eles “viram o que aconteceu”. Regra geral, não põem em causa o seu trabalho, preferindo estabelecer “leis novas”, mesmo que sejam opostas aos conceitos teóricos já estudados: por exemplo, “ferver saliva não interfere nas suas propriedades”. Neste nível etário há uma tendência generalizada para pôr em causa conhecimentos ministrados por outrem, reconhecido como autoridade, e para a confirmação através da experiência própria. É provável que esta tendência geral se manifeste numa sobrevalorização da experiência pessoal em detrimento dos conhecimentos “já previamente elaborados” a que têm acesso. Dada a falta de experiência laboratorial no campo das enzimas, a percepção que os alunos têm do que acontece dificilmente corresponderá à realidade.

? Na construção da estrutura conceptual sobre enzimas, o aluno só associa os conhecimentos que consegue aplicar, o que leva à construção de uma estrutura distorcida, contendo conceitos alternativos: a necessidade de interpretar os resultados a partir dos conhecimentos que o aluno consegue utilizar (e não daqueles que foram objecto de leccionação) leva a que sejam construídos “novos conhecimentos” nem sempre muito ortodoxos, dado que parte dos significados necessários à construção da estrutura conceptual não são concebidos pelo aluno. Verificaram-se alguns casos de afirmações escritas nos relatórios, demonstrativas deste tipo de elaboração:

- Estudo da variação da catálise enzimática com a energia de activação fornecida – o tema explicitado implica a ocorrência ou não ocorrência de catálise consoante a temperatura fornecida (dado que a nível da catálise enzimática se irá trabalhar com valores de temperatura óptimos ou extremos). No entanto, para que o trabalho explicitado possa realizar-se correctamente, é necessário aplicar simultaneamente,

os conceitos de grande velocidade e eficácia enzimáticas, quando a actuação enzimática se dá em condições ideais. Acresce, ainda, o facto de as enzimas actuarem dentro de uma gama de valores de temperatura e não apenas a uma “temperatura ideal”. Ora estes conceitos não são referidos na ficha de trabalho e, embora os dois primeiros tenham sido descritos na contextualização teórica, os alunos não os aplicaram no seu trabalho. O trabalho experimental laboratorial envolve, assim, o estudo conceptual-processual simultâneo dos conceitos referidos, devidamente interligados, mas só explicita o estudo de um deles. Os conhecimentos implícitos de que depende a adequada realização do trabalho obrigam a uma mais aprofundada discussão do tema, quer no estudo da situação problemática, quer na interpretação dos resultados.

A interpretação de resultados, anteriormente exposta, fundamenta as seguintes hipóteses:

- ? A construção de conhecimento durante o trabalho experimental laboratorial poderá ser apoiada por perguntas, feitas pelo professor, que levem os alunos:
- a interpretar a actividade fornecida como um problema a resolver e lhes permitam estruturar melhor os conhecimentos a nível conceptual-processual, em função da sua aplicação ao trabalho. As perguntas deverão realçar a importância de um estudo aprofundado da estrutura conceptual, no que respeita à elaboração precisa dos conhecimentos, dado que as descrições feitas pelos alunos são muitas vezes imprecisas, podendo ao ser aplicadas, dar origem a procedimentos errados quer na execução do protocolo quer na interpretação dos resultados obtidos.
- As perguntas deverão levar ao estabelecimento de associações (a nível conceptual-processual) entre os conceitos e chamar a atenção dos alunos para os significados sistematicamente “esquecidos” do trabalho. Poderão contemplar “esquecimentos elementares” (como, por exemplo, a não discriminação das variáveis ou a não interpretação dos resultados à luz do problema inicial), o que permitirá orientar os alunos com mais dificuldades na realização do trabalho. Poderão também visar significados não explicitados no protocolo, mas fundamentais ao desenvolvimento do trabalho, o que permitirá uma elaboração de conhecimentos mais bem alicerçada.

ANÁLISE DO RELATÓRIO SOBRE O 2º TRABALHO EXPERIMENTAL LABORATORIAL

No 2º trabalho há uma mudança na constituição dos grupos. Dois alunos, pertencendo a grupos diferentes, faltaram, em parte, à 2ª actividade experimental laboratorial. Como consequência, foi constituído um novo grupo com os alunos presentes (grupo G, formado por 4 alunos), sendo denominado grupo H o conjunto de alunos que, tendo faltado, não elaborou este trabalho. O grupo G apresentou muitas dificuldades na planificação e execução do trabalho, tendo realizado o mesmo, sistematicamente, após a observação do que os outros faziam, o que implicou sempre uma aula de atraso no desenvolvimento de cada etapa do trabalho. O relatório entregue (com uma semana de atraso) foi objecto de análise como os demais. Seis grupos, A – F realizaram o trabalho experimental laboratorial e apresentaram o relatório a devido tempo.

O segundo trabalho tem como objectivos didácticos promover a aplicação do conceito de enzima (incidindo na variação da acção catalítica da amilase salivar com o pH) e desenvolver uma metodologia de investigação. A investigação é semi-autónoma porque o objectivo do trabalho e a formulação implícita do problema foram previamente definidos pela professora; cabe aos alunos a explicitação do problema, a planificação e execução de uma actividade adequada à sua resolução. A investigação é dirigida por perguntas orientadoras visando apoiar os alunos na planificação do protocolo experimental e na interpretação dos dados obtidos. As perguntas orientadoras, de apoio à planificação, são incorporadas na ficha de actividades fornecida. No que respeita à interpretação de resultados, estes são primeiramente interpretados pelos alunos, sem qualquer apoio, sendo esta interpretação incluída no relatório da actividade; após a realização deste, são entregues as perguntas orientadoras da interpretação dos resultados, devendo os alunos responder, por escrito, às mesmas. Desta forma, tomam consciência do que conseguem interpretar inicialmente, sem qualquer apoio e da sua evolução, com uma reflexão orientada.

Seguidamente, apresenta-se, de modo detalhado, a forma como foi realizada a análise do relatório do 2º trabalho experimental laboratorial:

1. Análise do estudo do problema e da planificação da actividade:

- 1.1. Exposição do problema.
- 1.2. Determinação das variáveis em estudo.
- 1.3. Planificação do protocolo experimental:
 - 1.3.1. planificação do tubo controlo que simula o que ocorre na boca;
 - 1.3.2. planificação do tubo que simula o que ocorre no estômago;
 - 1.3.3. planificação da aplicação dos testes da água iodada e do licor de Fehling:
 - 1.3.3.1. ao tubo que simula a boca;
 - 1.3.3.2. ao tubo que simula o estômago.
 - 1.3.4. Planificação realizada pelo grupo F.
- 1.4. Indicação do material a utilizar.
- 1.5. Elaboração da introdução teórica.
- 1.6. Quadros síntese sobre a planificação efectuada.
- 1.7. Avaliação do apoio prestado pelas perguntas orientadoras da planificação.

2. Análise da interpretação dos resultados e da emissão de conclusões:

- 2.1. Análise da descrição dos resultados obtidos e da respectiva interpretação pelos grupos.
- 2.2. Enumeração dos grupos que elaboraram os diversos itens da interpretação de resultados, a nível de:
 - 2.2.1. Interpretação dos resultados obtidos nos testes da água iodada e do licor de Fehling (incidindo na reacção química).
 - 2.2.2. Discussão dos resultados à luz do problema proposto (incidindo na reacção biológica).

3. Construção do esquema conceptual.

- 3.1. Grupos que tentaram elaborar um esquema conceptual.
- 3.2. Conhecimentos conceptuais-processuais descritos pelos grupos na introdução teórica e na interpretação dos resultados/emissão de conclusões, visando a elaboração do esquema conceptual.
- 3.3. Avaliação holística dos esquemas conceptuais construídos pelos diferentes grupos

4. Gráfico síntese sobre os grupos que elaboraram as secções do relatório.

5. Análise das respostas elaboradas pelos grupos às perguntas orientadoras da interpretação do 2º trabalho, visando detectar novas reinterpretações e possíveis correcções dos erros cometidos. As perguntas incidem sobre:

- 5.1. A planificação
- 5.2. A execução do trabalho experimental laboratorial
- 5.3. A interpretação de resultados ou emissão de conclusões.
- 5.4. Apresentação de um quadro sobre a correcção de erros conceptuais-processuais com o auxílio de perguntas orientadoras.

1. Análise do Estudo do Problema e da Planificação da Actividade

1.1. Exposição do problema.

? A amilase salivar poderá catalisar a hidrólise do amido em meio ácido ?

Da análise das respostas dos alunos verifica-se que há confusão este o objectivo do trabalho e a definição do problema. Apenas os grupos B e C expuseram claramente o problema de se a enzima amilase salivar actuaria em meio ácido. Para o grupo A o problema é “saber se a amilase salivar actua no estômago, comparando com o que dá na boca”; os outros grupos referem a forma de actuação da amilase salivar no estômago, sem indicar o significado de “estômago” em termos laboratoriais. Com excepção dos grupos B e C, o problema é exposto de forma muito incompleta, sem haver uma definição clara do objecto de pesquisa.

1.2. Determinação das variáveis em estudo

? As variáveis em estudo são a actividade catalítica da amilase salivar (variável dependente) e o pH do meio (variável independente). Pretende-se verificar, experimentalmente, se há variação da actividade catalítica da amilase salivar nos meios neutro (pH7) e ácido (pH2).

As respostas dos grupos são as seguintes:

Os grupos A, B, C e G indicam como variável o pH; o grupo B acrescenta ainda, “o pH da cavidade bucal e do estômago”. Os grupos E e F indicam como variáveis o pH e a temperatura. O grupo D afirma que “o pH do estômago é baixo graças ao ácido clorídrico *e o pH ajuda as enzimas a actuarem*”. Este grupo D é o único que estabelece uma relação de dependência da catálise enzimática em relação ao pH, mas de forma errada, fazendo uma afirmação não fundamentada. Os outros grupos não estabelecem a relação existente entre a variável dependente (enzima) e independente (pH).

É provável que identifiquem as variáveis com os factores físico-químicos do meio e não reconheçam uma variável biológica. Acresce, ainda, o facto de uma das variáveis ser independente e outra ser dependente, o que aumenta a complexidade em termos da sua determinação. Os alunos tinham trabalhado com a mesma variável biológica, na realização da 1ª actividade de experimentação, tendo havido um debate sobre a 1ª actividade de experimentação após a entrega do relatório. Pode haver uma concepção prévia errada sobre o significado de variável, o que justificaria a dificuldade de compreensão encontrada.

1.3. Planificação do protocolo experimental.

Devem ser simuladas as condições do meio (de pH e temperatura) existentes na boca e no estômago. Os alunos preencheram um quadro existente na sua ficha sobre o 2º trabalho, indicando a sequência de reagentes e as condições da sua utilização.

O grupo D perdeu muito tempo com a planificação e não fez a sua descrição por escrito, limitando-se ao preenchimento do quadro I da ficha de actividades fornecida ao grupo. O grupo G não conseguiu elaborar a sua planificação. Entregou o trabalho uma semana após a entrega dos outros grupos, tendo copiado o seu trabalho.

1.3.1. Planificação do tubo controlo que simula o que ocorre na boca.

- ? Constituído por cozimento de amido e saliva, com uma incubação a 37° C– 40° C, durante 5 minutos.

O quadro 29 apresenta as planificações realizadas pelos grupos.

Grupo A	...colocar cozimento de amido ...a 37°C em banho-maria. ...adicionar amilase salivar, <u>previamente colocada a 37°C</u> , ...e levar novamente ao banho-maria.														
Grupo Bcoloca-se 5ml <u>de cozimento de amido a 40°C + amilase salivar a 40°C</u> . <u>Neutralizar com 4 gotas de Na HCO₃.</u>														
Grupo C	...coloca-se ...6 ml de cozimento de amido. Seguidamente, adiciona-se amilase salivar ...aos tubos. Mede-se o pH...														
Grupo D	<p>é apresentado o excerto do quadro que foi utilizado na análise da planificação do grupo:</p> <table><tr><td>Cozimento de amido</td><td>Saliva</td><td><u>NaOH</u></td><td>Banho-maria</td></tr><tr><td>Tubo 2</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr></table> <p>Sequência de reagentes utilizada e condições da sua utilização.</p>	Cozimento de amido	Saliva	<u>NaOH</u>	Banho-maria	Tubo 2	X	X	X						
Cozimento de amido	Saliva	<u>NaOH</u>	Banho-maria												
Tubo 2	X	X	X												
Grupo E	Cozimento de amido + saliva + <u>ácido clorídrico + neutralizar</u> ? banho-maria a 40°C.														
Grupo F	<p>é tratado à parte, dadas as características da planificação que apresentou. No entanto é transcrito o excerto do quadro I que maior correspondências apresenta com a boca.</p> <table><tr><td>Cozimento de amido</td><td>Água + Pepsina</td><td>Ácido Clorídrico</td><td>Saliva</td><td>Hidróxido de sódio</td><td>T / °C</td><td>pH</td></tr><tr><td>Tubo4</td><td>X</td><td></td><td>X</td><td></td><td>40° C</td><td>7</td></tr></table> <p>Sequência de reagentes utilizada e condições da sua utilização.</p>	Cozimento de amido	Água + Pepsina	Ácido Clorídrico	Saliva	Hidróxido de sódio	T / °C	pH	Tubo4	X		X		40° C	7
Cozimento de amido	Água + Pepsina	Ácido Clorídrico	Saliva	Hidróxido de sódio	T / °C	pH									
Tubo4	X		X		40° C	7									
Grupo G	<p>– 2ª tentativa (por imitação dos outros grupos)</p> <p>Cozimento de amido + saliva + <u>bicarbonato de sódio</u>, com papel de pH.</p>														

Quadro 29 – Planificação do tubo controlo, que simula o que ocorre na boca

Embora tivesse havido, inicialmente, muita dificuldade na elaboração das planificações relativas a este tubo, constatou-se que com o auxílio das perguntas orientadoras da planificação, abaixo descritas no quadro 30, alguns alunos compreenderam o que era necessário controlar e elaboraram o controlo.

- 1.1. Qual é o problema em causa ?
- 1.2. Quais são as variáveis em estudo?
- 1.3. Como deve proceder para responder ao problema proposto? Planifique o protocolo experimental a utilizar. A sequência de reagentes utilizada e as condições da sua utilização devem ser registadas na tabela I

	Sequência de reagentes utilizada, condições da sua utilização e resultados obtidos.						
Cozimento de amido	Resultados finais obtidos
Tubo...							
Tubo...							
Tubo...							
Tubo...							

Tabela I

- 1.4. De que material necessitam para o efeito? Deverão apresentar à professora a lista de material a utilizar e esta providenciará o que for preciso.
- 1.5. Em que fundamentos teóricos se baseia a sua planificação? Faça uma pequena introdução teórica que fundamente ou contextualize a sua planificação.

Nota: dadas as dificuldades reveladas pelos alunos, durante a planificação da experiência, foram escritas algumas perguntas no quadro que complementavam a orientação inicial, visando alertar os alunos para alguns aspectos fundamentais da planificação. As alíneas 1.1, 1.2 e 1.3 foram apoiadas, respectivamente, pelas seguintes perguntas:

- alínea 1.1 Que problema se investiga ? - Será possível prever alguma resposta para o problema ?
- alínea 1.2 Qual é, ou são, as suas variáveis ? - Que factores modifica durante a sua experiência ?
- alínea 1.3 Quais são as condições necessárias à realização da experiência?
- alínea 1.3 Será possível, a partir da hipótese, fazer alguma dedução que facilite a experiência ? Que controle usará durante a sua experiência ?
- O que é que o controle que eu faço me permite comparar ?

Quadro 30 – Perguntas orientadoras da planificação

Dada a solidariedade da turma, após o estabelecimento dos parâmetros que definiam o controlo e a sua planificação por um grupo, todos os outros tiveram acesso aos conhecimentos necessários, tendo planificado também o “seu” controlo.

Da análise dos dados referidos, verifica-se a seguinte utilização de conhecimentos conceptuais-processuais anteriormente adquiridos:

- Todos os 6 grupos (excepto os grupos G e H) aplicaram os conhecimentos mais

simples, anteriormente obtidos, de forma correcta. Os grupos referidos incluíram na sua planificação: a adição da enzima amilase salivar ao seu substrato cozimento de amido, a incubação dos reagentes anteriores à temperatura adequada, durante o tempo necessário. O grupo F utilizou uma solução aquosa com pepsina (para simular o estômago) em todos os tubos do trabalho.

- Utilização dos conceitos de velocidade e eficácia enzimáticas, para temperaturas óptimas de actuação (conceitos implícitos) - os grupos A e B propuseram elevar a temperatura dos tubos contendo, respectivamente, cozimento de amido e saliva até 37°- 40°C antes de proceder à junção dos seus conteúdos. Embora, no presente estudo, não houvesse necessidade deste procedimento, as alunas aplicaram correctamente o conceito de velocidade enzimática, aprendido no trabalho anterior.

Aplicação do conceito de neutralização – os grupos B, D, E e G propõem a adição de uma substância básica (hidróxido de sódio ou bicarbonato de sódio) para “neutralizar” o pH do tubo contendo cozimento de amido e saliva. A neutralização tinha sido anteriormente efectuada em dois trabalhos sobre hidrólise pelo ácido clorídrico, respectivamente, da sacarose e do amido; nos dois casos, para se proceder à neutralização do meio, adicionou-se uma das substâncias básicas (bicarbonato de sódio ou hidróxido de sódio) até que o pH, medido através de papel indicador, indicasse o valor 7. Embora fossem fornecidas as explicações necessárias, muitos alunos associaram a ideia de neutralização à de adição de uma substância básica, independentemente do valor inicial de pH a neutralizar. Acresce que não foi realizada, durante o ano, qualquer neutralização feita através de uma substância ácida pelo que, os únicos exemplos fornecidos, induziram os alunos em erro. Só os grupos A, C e F souberam interpretar correctamente a ideia de pH neutro e traduzi-la na prática. O grupo D, para fazer o tubo correspondente à boca, simulou um tubo idêntico ao do estômago (contendo ácido clorídrico) e, em seguida, neutralizou a acção do ácido com hidróxido de sódio. Embora as alunas tivessem estudado, anteriormente, a precipitação das proteínas pelas bases e pelos ácidos fortes, estes factos foram “esquecidos”. É interessante verificar que o termo neutralizar, utilizado pelos diversos intervenientes no trabalho, corresponde a vários itens semânticos e é operacionalizado de formas diferentes, consoante o seu significado. Assim, na elaboração do tubo neutro surgem 3 propostas de aplicação distintas:

- Cozimento de amido + saliva;
- Cozimento de amido + saliva + bicarbonato de sódio;
Cozimento de amido + saliva + ácido clorídrico + bicarbonato de sódio.

Verifica-se que o aluno faz inferências sobre os conhecimentos que consegue aplicar, a nível conceptual-processual, elaborando novos significados. No caso da neutralização, as aplicações laboratoriais incidiram sempre no mesmo tipo (neutralização através de uma substância básica). Neste caso, a má elaboração semântica do conceito, pelos alunos, deve-se a aplicações laboratoriais em que o mesmo exemplo é sistematicamente fornecido, sendo omitidos outros exemplos laboratoriais, sobre o conceito, que complementariam o anterior e evitariam esta associação.

1.3.2. Planificação do tubo que simula o que ocorre no estômago.

- Deve-se adicionar o ácido clorídrico ao cozimento de amido, agitar bem, testar o pH com papel indicador e, só depois de confirmado o pH no tubo, adicionar a saliva; incubar a 37° C – 40° C. A sequência de procedimentos definida deve ser respeitada. O quadro 31 representa a planificação elaborada pelos grupos para o tubo que simula o que ocorre no estômago.

Grupo A	colocar cozimento de amidocolocar 2 gotas de ácido clorídrico.... colocar a 37°C em banho-maria...adicionar amilase salivar, previamente colocada a 37°C, ...e levar novamente ao banho-maria.						
Grupo Bcozimento de amido a 40°C + amilase salivar a 40° C, juntamos 2 a 3 gotas de HCl.						
Grupo C	...6 ml de cozimento de amido. Seguidamente, adiciona-se amilase salivar ...No tubo acidifica-se o meio adicionando 3 gotas de HCl. Mede-se o pH ...						
Grupo D	É apresentado o excerto do quadro que foi utilizado na análise da planificação do grupo:						
	Sequência de reagentes utilizada e condições da sua utilização						
	Cozimento de amido	Saliva	HCl e		NaOH	Banho - maria	
	Tubo 1	X	X			X	
	* só neutralizamos depois de termos levado a banho-maria.						
Grupo E	...cozimento de amido + saliva + ácido clorídrico....banho-maria a 40°C...						
Grupo F	Sequência de reagentes utilizada e condições da sua utilização						
	Cozimento de amido	Água + Pepsina	Ácido Clorídrico	Saliva	Hidróxido de sódio	T / °C	pH
	Tubo 2	X	X	X		40° C	2
Grupo G Colocamos o cozimento de amido ...						
2ªtentativa	...De seguida salivamos para os tubos que continham o cozimento de amido....						
	...Colocamos HCl no tubo 1 <u>com papel de pH</u> .						
	...De seguida levamos ao banho - maria a 37° durante 5 min.						

Quadro 31 – Planificação do tubo que simula o que ocorre no estômago.

Todos os grupos (excepto G e H) concluíram sobre a necessidade de modificar o pH no tubo que simula o estômago através da adição de ácido clorídrico ao meio. No entanto, apenas os grupos A e F propuseram, na sua planificação, a adição do ácido clorídrico ao cozimento de amido, previamente à junção da saliva. Os outros grupos propuseram a adição do ácido clorídrico após a junção do cozimento de amido à saliva. O problema implícito devido às propriedades enzimáticas, não referidas, que condicionam a actividade catalítica da amilase salivar, surge com uma nova formulação, de acordo com o tema em estudo – a variação da catálise enzimática com o pH. Será necessário colocar o conteúdo dos tubos nas condições de pH em que se realiza a experiência, previamente à junção da enzima, sob pena de falsear os resultados. Estão em causa conhecimentos conceptuais-processuais sobre velocidade e eficácia enzimáticas elevadas, em condições óptimas de actuação (desenvolvidos na 1ª actividade de experimentação) e a desnaturação enzimática para valores de pH excessivos (desenvolvidos aquando do estudo das proteínas).

É interessante verificar que o grupo B aplicou, no presente estudo, os conhecimentos anteriores no que respeita à temperatura (propôs a incubação dos reagentes cozimento de amido e saliva, separadamente a 37° C, antes de proceder à sua junção), embora tal procedimento não estivesse em causa; não soube, no entanto, aplicar os mesmos conhecimentos a uma nova situação (modificação do pH do meio como condicionante da actividade). Os alunos apresentaram dificuldades na detecção e resolução deste problema implícito. Apenas os grupos A e F demonstraram autonomia na aplicação dos conhecimentos a novas situações.

O grupo G, que entrega o trabalho sempre uma semana depois, vai cometendo os erros que a maioria dos grupos fez na semana anterior. No entanto, torna-se capaz de elaborar parte do trabalho, mesmo contendo erros, o que, inicialmente não sucedia. Os grupos aprendem uns com os outros e, lentamente, vão evoluindo na sua forma de trabalhar e de cometer erros (que se vão tornando mais elaborados, revelando já algum conhecimento da matéria).

1.3.3. Planificação da aplicação dos testes da água iodada e do licor de Fehling

O teste pelo reagente de Benedict (ou licor de Fehling) requer, para a sua aplicação, que o conteúdo do tubo apresente um pH de 7. Todavia, como os reagentes citados

apresentam na sua constituição uma base forte, basta aumentar um pouco a quantidade de reagente utilizada para ajustar o valor de pH. Caso não seja efectuada a neutralização do tubo que simula o estômago (com pH2), este erro processual poderá não ter consequências em termos de resultados obtidos.

O teste da água iodada requer, para a sua aplicação, que o conteúdo do tubo esteja à temperatura ambiente e apresente um pH de 7. Dado que a incubação dos tubos se realizou a 37° - 40°C, o tempo da realização do trabalho, anterior ao teste, foi suficiente para o arrefecimento dos tubos pelo que a temperatura não interferiu com os resultados obtidos. No entanto, a não neutralização do meio interfere com os resultados obtidos podendo conduzir a alterações da cor do teste, no caso do tubo com o pH de 2.

Pretende-se, portanto, determinar erros existentes nas propostas de aplicação dos testes e verificar se esses erros implicaram em resultados errados.

1.3.3.1. ao tubo que simula a boca

Nenhum grupo propôs, na sua planificação, o arrefecimento dos tubos até à temperatura ambiente antes da realização do teste pela água iodada, mas estes facto não deve ter provocado alterações dos resultados.

Os grupos B, D, E, F e G, planificaram a realização dos testes da água iodada e do licor de Fehling sobre um conteúdo com o pH diferente de 7. É provável que todos os grupos (excepto o D), independentemente do que indicaram como “agente de neutralização” tenham utilizado o bicarbonato de sódio e que este não tenha alterado grandemente os resultados dos testes.

1.3.3.2. ao tubo que simula o estômago

Apenas os grupos A, C e D propuseram a neutralização do pH de 2 antes da aplicação do teste da água iodada. Como consequência, os resultados dos grupos B, E, F e G não são credíveis, no que respeita ao teste pela água iodada; em relação à planificação do teste do licor de Fehling, os erros apresentados pelos alunos não interferem com os resultados do teste.

1.3.4. Planificação realizada pelo grupo F.

Este grupo desenvolveu o seu trabalho com autonomia mas, pecou por excesso de

confiança e independência. O grupo não se socorreu das perguntas de orientação da planificação. Propõe factores variáveis a testar que correspondem a uma análise combinatória dos valores de temperatura e de pH que tinha aplicado, até então, em trabalhos anteriores. O grupo pretendeu realizar a hidrólise do amido, adicionando a enzima amilase salivar a um meio contendo cozimento de amido nas condições de temperatura e pH abaixo descritas. Para simular o estômago, adicionou pepsina ao conteúdo de todos os tubos. Na sua planificação é indicado o procedimento a seguir:

- 1º Recriação do ambiente estomacal;
- 2º Provocar a variação da temperatura e do pH em alguns testes;
- 3º Dividir as soluções obtidas anteriormente;
- 4º Aplicar os testes da Água iodada e do Reagente de Benedict.

tubos	Água + Pepsina	Ácido Clorídrico	Saliva	Hidróxido de sódio	T / °C	pH	Resultados Finais Obtidos	
							A – Água iodada	B – Reagente de Benedict
1	X	X	X		4° C	2	X	
2	X	X	X		40° C	2		X
3	X	X	X		100° C	2		X
4	X		X		40° C	7		X
5	X		X	X	40° C	12	X	X

Quadro 32 – Planificação elaborada pelo grupo F . Os tubos 2 e 4 simulam, respectivamente, o estômago e a boca

Este grupo explorou o tema do trabalho anterior – catálise inorgânica pelo ácido clorídrico e energia de activação necessária (tubos 1, 2 e 3). Estudou, ainda, o comportamento da enzima para diferentes valores de pH (tubos 2, 4 e 5).

A azul estão marcados os tubos seleccionados para se proceder a uma comparação com a planificação dos outros grupos.

Embora não tenha indicado a necessidade de se proceder aos testes da água iodada e do licor de Fehling em todos os tubos, estes foram realizados, tendo sido apresentado os resultados para todos os tubos excepto o tubo nº1. Este grupo não efectuou qualquer neutralização prévia à aplicação dos testes.

As combinações da enzima com o ácido e a base, existentes nesta planificação, demonstram um total desconhecimento do condicionamento da catálise enzimática devido ao pH, que é o tema deste trabalho.

1.4. Indicação do material a utilizar

Apenas os grupos A, B, C e F indicaram o material necessário. Os outros grupos não apresentaram a descrição do material a utilizar.

1.5. Elaboração da introdução teórica

Foi pedido aos alunos que fundamentassem teoricamente o seu trabalho, expondo os conhecimentos em que se tinham baseado para realizarem a sua planificação. Apenas 3 grupos (A, B, E) responderam a esta pergunta.

Os grupos A e B, ao desenvolverem a sua pesquisa, utilizaram as perguntas orientadoras da planificação constantes no protocolo. O grupo A integrou todos os conhecimentos obtidos durante a pesquisa, na sua introdução teórica; o grupo B fez uma pequena introdução teórica e apresentou, no seguimento, a resposta às perguntas do quadro abaixo descrito, completando e enriquecendo a introdução inicial.

Seguidamente, são transcritas e analisadas as respostas dos três grupos que as elaboraram:

? Grupo A

“...foi-nos feita uma proposta de trabalho para investigarmos a acção da amilase salivar sobre o amido no estômago. Para isso tivemos que ser nós a preparar toda a experiência. Antes de prepararmos bem o protocolo tivemos que estudar bem o problema e tudo o que este implicava.

Como pretendíamos testar a acção enzimática da amilase salivar no estômago, tivemos que a comparar com a forma como ela actua na boca, o seu meio e nível de pH (± 7). No estômago, tivemos que simular num tubo de ensaio as suas condições. A temperatura é igual à da boca ($\pm 37^\circ \text{C}$) mas o pH difere, pois na boca o pH é neutro, ligeiramente *básico* e no estômago, devido à acção do ácido clorídrico, o pH é ácido. Assim, devido à “fragilidade” da enzima pensamos que, devido à acção do ácido clorídrico, esta desnatura e não actua no estômago. Por isso, pensamos que no tubo onde forem simuladas as condições do estômago (37°C e $\text{pH} < 7$) não irá haver hidrólise do amido.

O nosso tubo de controlo será o outro tubo onde foram criadas as condições da boca (37°C e $\text{pH} = 7$).

Para observarmos se a experiência resultou, depois de colocar nos tubos a saliva contendo amilase salivar e incubá-los a 37°C (os tubos já terão cozimento de amido e um já terá ácido clorídrico), neutralizaremos o tubo com ácido clorídrico com bicarbonato de sódio, e separaremos os tubos de forma a fazermos os testes da água iodada e do licor de Fehling para comprovarmos se houve ou não hidrólise.”

O grupo A elaborou bem a sua planificação, exceptuando alguma imprecisão em relação ao valor de pH adequado aos tubos que simulam a boca e o estômago; as dificuldades sentidas na determinação das variáveis e do controlo forma colmatadas. A maior omissão da planificação refere-se à explicitação da enzima como uma variável, dependente do pH. No entanto, há uma compreensão implícita desta relação, dado que o grupo elaborou o tubo controle correctamente. Deveria ter havido uma pergunta que induzisse a explicitação das relações existentes entre as variáveis.

É interessante verificar que o grupo elabora uma interpretação pessoal da propriedade enzimática, como justificação para a desnaturação pelo ácido: “assim, devido à *fragilidade* da enzima pensamos que, devido à acção do ácido clorídrico, esta desnatura e não actua no estômago.” Explicita, simultaneamente, o conceito científico aprendido e a sua interpretação pessoal sobre o assunto. O esquema conceptual sobre enzimas elaborado pelo grupo está de acordo com o científico.

? Grupo B

“As enzimas têm um pH óptimo de activação onde a sua actividade é máxima, em que qualquer valor acima ou abaixo faz com que essa actividade *diminui*. O pH da amilase salivar é neutro (pH = 7). O estômago tem um meio ácido (pH= 1 ou 2) é responsável pela inactivação da enzima mas não é imediata. O amido pela acção da amilase dá maltose. A temperatura óptima de activação é de 40°C.”

É apresentada, seguidamente, a discussão sobre a planificação da actividade experimental, realizada com o apoio das perguntas orientadoras:

- 1 – Pode formular-se alguma hipótese ? será possível prever alguma resposta para o problema ?
 - Vamos comparar a actividade enzimática da amilase no meio neutro (a boca) e no meio ácido (o estômago).
- 2 – É possível , a partir da hipótese fazer uma dedução que facilite a experiência ?
 - “Como sabemos que na boca o pH é neutro (pH7) a amilase actuará mais rapidamente sobre o amido enquanto que no estômago como o pH é mais ácido (pH = 1 / 2) a enzima não está com o pH óptimo de activação e por isso a reacção será mais lenta ou mesmo inexistente”.
- 3 – Que controlo usará na sua experiência ? E o que é que lhe permite comparar ?
 - “O controlo será o próprio tubo 1 que contém cozimento de amido a 40°C , amilase salivar a 40° C e NaHCO₃ (pH neutro). O tubo controlo serve de termo de comparação com os resultados obtidos no meio que queremos testar, por isso utiliza-se o tubo 1 (de pH neutro) com o tubo 2 (pH ácido) que contém cozimento de amido a 40° C, amilase salivar a 40° C e HCl”.
- 4 – Como se assegurará de que a experiência resultou ?

- “Podemos assegurar que resultou realizando os testes da água iodada e o reagente de Benedict e em seguida levar este à ebulição. Mediante os resultados obtidos podemos afirmar se houve ou não hidrólise do amido”.

O grupo B apresenta imprecisões de linguagem na sua introdução teórica. Assim, por exemplo, refere: “pH ótimo de activação da enzima” em vez de “pH ótimo de actuação da enzima”. São confirmados os erros detectados na planificação dos tubos que simulam a boca e o estômago, indiciadores de uma concepção errada de neutralização e da não resolução do problema implícito sobre o momento adequado à acidificação do meio. O grupo põe a hipótese de a reacção enzimática ser mais lenta para um valor de pH muito afastado do seu pH ótimo (e que desnatura a enzima). O esquema conceptual elaborado apresenta distorções, supondo o grupo que a amilase salivar pode actuar lentamente em valores de pH incompatíveis com a sua actividade. Apenas o grupo B respondeu por escrito a todas as perguntas de apoio elaboradas.

? Grupo E

“O nosso objectivo é demonstrar a actuação da amilase salivar no estômago para tal resolveu-se fazer uma planificação na qual se simulou as condições na boca e no estômago. Para reunirmos as condições da boca era necessário um pH neutro e uma temperatura de 37° e no estômago um pH ácido e uma temperatura de 37°. Para esse efeito obteve-se a amilase salivar através da saliva. A amilase salivar actua sobre o amido degradando-o em maltose. Esta degradação não se efectua completamente pois nas condições fornecidas pelo estômago a concentração de amilase salivar é nula, sendo o amido degradado totalmente mais tarde, no intestino, pela amilase pancreática.”

...A explicação para este facto (resultados do estômago) talvez se deva à pouca concentração de amilase, uma vez que apesar do tubo conter HCl (que é um catalisador inorgânico) este só actua a temperaturas muito elevadas.


- (1) A enzima é vista como um reagente químico que só actua em grande quantidade, não existindo a noção de biocatalisador.
- (2) para o grupo, o pH do meio não condiciona a actividade enzimática dado que não estabelece esta associação. Não é equacionada a desnaturação de uma proteína com a alteração do pH.
- 3) A actividade enzimática, com as suas características próprias, foi esquecida. Não há uma associação entre a “teoria” estudada (?) e a “prática” desenvolvida.

O grupo não seleccionou ou associou os dados teóricos necessários à resolução do problema. A desnaturação das proteínas para determinados valores de pH não foi abordada e, consequentemente, a desnaturação enzimática devida a alterações grandes de pH também não foi objecto de estudo.

1.6. Quadros síntese sobre a planificação efectuada

Os quadros 33 A e B apresentam uma síntese sobre a planificação do trabalho experimental laboratorial efectuada pelos alunos.

**Quadro 33 A - Síntese sobre a planificação do trabalho experimental laboratorial
efectuado pelos alunos, no que respeita ao tubo que simula o estômago**

Tubo com o pH 1 – 2	Planificação da catálise enzimática em meio ácido						Planificação da aplicação dos testes da água iodada e do licor de Fehling				
	Cozimento de amido	Junção do ácido clorídrico ao amido antes da amilase salivar	ERRO Adição de ácido clorídrico após a adição da enzima	Adição de amilase salivar	Medição do pH com papel indicador	Incubação a 37° – 40° C 5 min.	Condições do meio necessárias à aplicação dos testes			Teste pelo licor de Fehling	Teste pela água iodada
							Neutralização pelo bicarbonato de sódio	Medição do pH com papel indicador	Arrefecimento até à temperatura ambiente		
Grupo A	X	X	-	X	?	X	X	?	-	X	X
Grupo B	X	-	E ₁	X	?	X	E ₂	?	-	X	X
Grupo C	X	-	E ₁	X	X	?	X	?	-	X	X
Grupo D	X	-	E ₁	X	?	?	X*	?	-	X	X
Grupo E	X	-	E ₁	X	?	X	E ₂	?	-	X	X
Grupo F	X	X	-	X	?	X	E ₂	X	-	X	X
Grupo G	X	-	E ₁	X	?	X	E ₂	X	-	X	X
Os reagentes são adicionados, sequencialmente, segundo esta direcção 											

X – A etapa foi planificada correctamente, no que respeita à sequência de reagentes. E₁ – Erro conceptual-processual realizado na planificação. E₂ não neutralização do pH, previamente à realização dos testes. *Resposta incompleta que não especifica as condições em que a etapa se realiza. ? É possível que o papel indicador de pH tenha sido utilizado, mas tal facto não é referido. ? Não é referida a incubação, embora todos os grupos tenham levados os tubos ao banho-maria, a incubar.

**Quadro 33 B - Síntese sobre a planificação do trabalho experimental laboratorial
efectuada pelos alunos quanto ao tubo que simula a boca**

	Planificação da catálise enzimática				Planificação da aplicação dos testes		
	em meio neutro				da água iodada e do licor de Fehling		
Tubo com o pH de 7	Cozimento de amido	Adição de amilase salivar	ERRO Adição de NaOH ou de NaHCO ₃	Incubação a 37° – 40° C 5 min.	Teste pelo reagente de Benedict	Arrefecimento até à temperatura ambiente, necessário à aplicação do teste da água iodada	Teste pela água iodada
Grupo A	X	X	-	X	X	-	X
Grupo B	X	X	E ₃	X	X	-	X*
Grupo C	X	X	-	?	X	-	X
Grupo D	X	X	E ₃	X	X	-	X*
Grupo E	X	X	E ₄ , E ₃	X	X	-	X*
Grupo F	X	X	-	X	X	-	X
Grupo G	X	X	E ₃	X	X	-	X*
Os reagentes são adicionados, sequencialmente, segundo esta direcção							

E₃ - Erro conceptual-processual cometido na planificação: adicionar uma base para “*neutralizar*” o tubo com cozimento de amido e saliva.

E₄, E₃ - sequência de 2 erros conceptuais-processuais, em que é proposta a adição de uma base para “*neutralizar*” o tubo com cozimento de amido e saliva (**E₄**) e, seguidamente, é indicada a adição de ácido clorídrico, para *neutralizar* o anterior (**E₃**).

? não é referida a incubação, embora todos os grupos tenham levados os tubos ao banho-maria, a incubar.

1.7. Avaliação do apoio prestado pelas perguntas orientadoras da planificação

Os alunos tiveram muitas dificuldades na determinação das variáveis e do controlo, tendo sido necessário formular as perguntas adicionais referidas para permitir uma reflexão mais profícua sobre o tema. Apenas os grupos A e B explicitaram por escrito essas dificuldades, no final do seu relatório.

As perguntas orientadoras apoiaram os grupos em relação à:

- formulação do problema ;
- elaboração da planificação no que respeita à determinação das variáveis e do controlo;
- elaboração do protocolo experimental no que respeita aos dois tubos que simulam o estômago e a boca;

As perguntas orientadoras não evitaram erros de planificação devidos à concepção errada de neutralização; não evitaram erros de planificação devidos ao problema relativo à utilização de características enzimáticas (que podem ser variáveis) não explicitadas no estudo.

2. Análise da Interpretação dos Resultados e da Emissão de Conclusões.

Seguidamente apresenta-se a análise da interpretação feita pelos grupos dos resultados obtidos e das respectivas conclusões, na ausência de perguntas orientadoras da interpretação dos resultados.

2.1. Análise da descrição dos resultados obtidos e da respectiva interpretação, pelos grupos.

? Apresentação de resultados obtidos e sua interpretação feita pelo Grupo A

Grupo A	Sequência de reagentes utilizada, condições da sua utilização e resultados obtidos.						
Cozimento de amido	HCl	Amilase Salivar	Na(CO ₃) ₂ ?	Água iodada	Reagente de Benedict		Resultados finais obtidos
Tubo 1	X	X	X	X			Roxo mais claro
Tubo 2		X		X			Roxo mais escuro
Tubo 1.1	X	X	X		X		Azul
Tubo 2.2		X			X		Tijolo

Teste

Controle

Quadro 34 - Apresentação dos resultados obtidos pelo Grupo A

Descrição dos resultados obtidos:

Tubo 1 – o teste da água iodada indica que existe algum amido, porém o teste do Reagente de Benedict indica que não foi feita a hidrólise, logo deveria ter mais amido. Talvez tenha existido um erro de procedimento e não existisse de início muito amido nesse tubo.

Tubo 2 – o teste da água iodada revelou que existia mais amido do que no tubo “ácido”; contudo o teste do Reagente de Benedict contradiz dizendo que há açúcares redutores (foi feita a hidrólise) como seria de esperar. Pensamos que provavelmente houve um erro da nossa parte ao realizarmos o trabalho. Daí a dar este estranho resultado...

Este grupo interpretou os resultados, de acordo com o teoricamente esperado, e em função do problema proposto. Dado que a sua planificação não apresenta erros, a interpretação de resultados, muito sucinta, explicita apenas as diferenças verificadas em relação ao modelo elaborado na introdução teórica.

? Apresentação de resultados obtidos e sua interpretação feita pelo grupo B

Grupo B	Sequência de reagentes utilizada, condições da sua utilização e resultados obtidos.						
Cozimento de amido	Amilase Salivar	HCl Ácido clorídrico	Banho-maria a 40°C – 5min.	Neutralização NaHCO ₃	Água iodada 1	Licor de Fehling 2	Resultados finais obtidos
Tubo 1	X		X	X	X	X	1 – roxo claro / rosa escuro 2 – cor de laranja
Tubo 2	X	X	X		X	X	1 – azul escuro 2 – verde / cor de laranja claro

Quadro 35 – Apresentação dos resultados obtidos pelo Grupo B.

Descrição dos resultados obtidos:

- Tubo 1 – houve hidrólise porque o teste da água iodada deu roxo claro que evoluiu para rosa claro, indicando a presença de amido mas em menos quantidade do que no início.. o teste do Reagente de Benedict deu positivo (cor de laranja) , presença de açúcares redutores.
- Tubo 2 – também ocorreu hidrólise mas em menos quantidade. O teste da água iodada deu azul escuro , presença de uma grande quantidade de amido. O teste do Reagente de Benedict deu verde, presença de pouca quantidade de açúcares redutores.

Discussão/ conclusão dos resultados

- No tubo 1 ocorreu hidrólise porque o pH ótimo da activação da amilase salivar é 7, a enzima actua num meio neutro, ou seja, ocorreu hidrólise como é comprovado nos testes. Há presença de açúcares redutores (teste do reagente de Benedict deu positivo – cor de laranja) que é a maltose. O teste da água iodada deu roxo claro / rosa escuro porque apesar de ter ocorrido hidrólise esta não foi completa.
- No tubo 2 colocamos cozimento de amido a 40° C, amilase a 40°C e HCl ou seja, um meio ácido (pH = 1 / 2), fizemos o teste da água iodada, que deu azul muito escuro, continha muito amido. No teste do reagente de Benedict deu verde, há presença de açúcares redutores mas em menor quantidade, mas como a enzima continuou a actuar lentamente a cor evoluiu para cor de laranja claro.
- Apesar do pH ótimo de activação da amilase salivar ser neutro (pH=7) mesmo em meio ácido continua a actuar mas com uma velocidade muito mais lenta que no meio mais apropriado. Podemos concluir que apesar do estômago ter pH ácido = 1 / 2 a enzima amilase ainda actua com menor velocidade, mas ainda ocorre reacção. Como o estômago é um meio ácido o seu pH vai inactivar a enzima mas não imediatamente sendo nesse intervalo de tempo que ocorre a hidrólise do amido.

O grupo estabelece uma comparação entre a inactivação da amilase salivar no estômago que não é imediata (necessitando dos movimentos peristálticos para que o ácido clorídrico presente no suco gástrico se misture com a amilase salivar) e o que sucede num tubo de ensaio devidamente manipulado, em que a inactivação da amilase salivar pelo ácido é imediata. A analogia relativa ao que sucede no estômago e no tubo de ensaio revela falta de sentido crítico. Esta comparação visa explicar o facto de “mesmo em meio ácido a enzima continua a actuar mas com uma velocidade muito mais lenta que no meio mais apropriado.”

Este caso de “lentidão enzimática” é semelhante ao referido pelo grupo A no relatório do seu 1º trabalho; em ambos os casos, a enzima foi misturada com o cozimento de amido e só depois inactivada, tendo realizado parte da hidrólise, dada a sua velocidade e eficácia para valores adequados de temperatura ou de pH. O grupo supõe que, dado o valor de pH₂, a enzima actua devagar.

? Apresentação dos resultados obtidos e sua interpretação, pelo grupo C

Grupo C Sequência de reagentes utilizada, condições da sua utilização e resultados obtidos.							
Cozimento de amido	Saliva	HCl	Neutralização com Bicarbonato de Sódio	Água iodada	Licor de Fehling		Resultados finais obtidos
Tubo 1	X			X			? (roxo)
Tubo 2	X	X	X	X			? (roxo)
Tubo 1B	X				X		+ (verde)
Tubo 2B	X	X	X		X		? (azul)

Quadro 36 – Apresentação dos resultados obtidos pelo Grupo C.

Descrição dos resultados obtidos:

- Tubo 1 – no tubo 1 não ocorreu a hidrólise do amido; no tubo 1B existem açúcares redutores. Devido a não ter ocorrido hidrólise no tubo 1, leva-nos a crer que tenhamos cometido algum erro de procedimento.
- Tubo 2 – no tubo 2 não ocorreu hidrólise do amido; no tubo 2B não existem açúcares redutores.

A planificação do tubo 2 (com o pH₂) foi mal realizada, tendo o grupo adicionado o ácido posteriormente à junção da saliva com o amido. É possível que a manipulação tenha sido rápida e não tenha alterado muito os resultados, ou então o grupo descreveu os resultados esperados teoricamente, não explicitando os seus resultados obtidos (?)

O grupo C limita-se a enunciar os resultados obtidos nos testes e a deduzir da ocorrência de hidrólise. Não elabora qualquer interpretação dos resultados à luz do problema proposto.

? Apresentação de resultados obtidos e sua interpretação feita pelo grupo D

Grupo D	Sequência de reagentes utilizada, condições da sua utilização e resultados obtidos.						
Cozimento de amido	Saliva	HCl e * neutralização	NaOH	Banho- -maria	Reagente de Benedict	Água iodada	Resultados finais obtidos
Tubo 1	X	X		X		X	Positivo
Tubo 2	X		X	X		X	Negativo
Tubo 3	X	X		X	X		Positivo
Tubo 4	X		X	X	X		Positivo
* só neutralizamos depois de termos levado a banho-maria.							

Quadro 37 – Apresentação dos resultados obtidos pelo Grupo D

Descrição dos resultados obtidos

- Tubo 1 – obtivemos azul escuro, é positivo porque ainda há presença de amido no tubo.
- Tubo 2 – obtivemos cor de pele, é negativo, porque já não há amido.
- Tubo 3 – obtivemos cor de tijolo é positivo, já houve hidrólise de amido.
- Tubo 4 – obtivemos azul com o fundo cor de tijolo, é positivo, porque já houve hidrólise do amido.

O grupo D limita-se a enunciar os resultados obtidos nos testes e a deduzir da ocorrência de hidrólise. Não elabora qualquer interpretação dos resultados à luz do problema proposto.

? **Apresentação de resultados obtidos e sua interpretação feita pelo grupo E**

Grupo E	Sequência de reagentes utilizada, condições da sua utilização e resultados obtidos								
Tubos	Cozimento de amido	saliva	Ácido clorídrico 2 gotas	Neutralizar	Banho-maria a 40°	Reagente de Benedict	Água iodada	Levar à ebulição	Resultados
1	X	X	X		X	X		X	Azul claro
2	X	X	X	X	X	X		X	Verde claro
3	X	X	X		X		X		Violeta escuro - ficou violeta claro, mais tarde
4	X	X	X	X	X		X		Violeta escuro

Quadro 38 – Apresentação dos resultados obtidos pelo grupo E

Descrição e interpretação dos resultados obtidos

- Tubo 1 – no tubo 1 o resultado não foi o esperado pois o tubo apresentou uma solução azul clara, o que significa que não houve hidrólise do amido. A explicação para este facto talvez se deva à pouca concentração de amilase, uma vez que apesar do tubo conter HCl (que é um catalisador inorgânico) este só actua a temperaturas muito elevadas.
- Tubo 2 – no tubo 2 a que se apresentou era de um verde claro, o que indica que não houve a hidrólise do amido. Isto aconteceu porque na presença da amilase o amido transformou - se em maltose. Este dissacarídeo só se pode degradar com o auxílio de uma enzima específica: a maltase.

Esta explicação não é coerente. O grupo E, submeteu, sucessivamente, a enzima a um meio extremamente ácido e a um meio básico para criar “o meio neutro”. Para além da noção errada de neutralização, é evidenciada uma elaboração das características enzimáticas muito pobre: a desnaturação por ácidos ou bases fortes não é associada às outras características em estudo. A justificação dos resultados obtidos no tubo 1 indicia também ausência dos conhecimentos referidos.

No entanto, este grupo tenta interpretar os resultados obtidos à luz do problema proposto, ou seja, estabelece uma associação entre a amilase e as condições determinadas para a realização da experiência, mas de uma forma pouco coerente, porque não apresenta os conhecimentos necessários.

? Apresentação de resultados obtidos e sua interpretação feita pelo grupo F

Tubos	Água + Pepsina	Ácido Clorídrico	Saliva	Hidróxido de sódio	T / °C	pH	Resultados Finais Obtidos	
							A – Água iodada	B – Reagente de Benedict
1	X	X	X		4° C	2	X	
2	X	X	X		40° C	2		X
3	X	X	X		100° C	2		X
4	X		X		40° C	7		X
5	X		X	X	40° C	12	X	X

Quadro 39 – Apresentação dos resultados obtidos pelo Grupo F

Interpretação dos resultados obtidos:

- (1) Não houve hidrólise: o frio inutilizou a amilase salivar.
- (2) Houve hidrólise: foram recriadas as condições do estômago, tornando possível a actuação da amilase salivar sobre o amido.
- (3) Houve hidrólise: ou através da saliva, ou no caso da saliva ter ficado desnaturada pelo calor, a hidrólise terá sido provocada pelo ácido.
- (4) Houve hidrólise: a saliva actua mesmo sem a presença do ácido, provavelmente mais lentamente do que na presença do ácido.
- (5) Não houve hidrólise: a presença de uma base forte inibe a amilase, embora o teste do Reagente de Benedict tenha também dado positivo, não pela acção da amilase mas pela acção da base forte, a 100° C (teste do Reagente de Benedict).¹

Os alunos elaboraram um outro quadro em que registaram os seus resultados.

1 Frio		2 T. do Corpo 40° C	3 Quente	4 pH Neutro	5 Básico
Amido		Amido		Amido	Amido
Meio	Saliva	Saliva		Saliva	Saliva
	Pepsina	Pepsina		Pepsina	Pepsina
	Meio ácido				NaOH
		Transparente	Azul claro	Transparente	Azul escuro
		Tijolo	Tijolo	Tijolo	Tijolo forte

As conclusões do grupo F foram as seguintes:

¹ Na interpretação destes resultados houve um apoio da professora, quanto ao tubo 5, que referiu o facto de a hidrólise do amido poder ser provocada por um ácido inorgânico diluído ou por uma base inorgânica forte, concentrada, já que o conteúdo do tubo 5 tornava muito difícil a sua interpretação pelos alunos, por falta de conhecimentos teóricos de química.

Enzima funciona : a base neutraliza; neutro – funciona; ácido – favorece

Muito básico - é a base que através do aquecimento...

Muito ácido – com ou sem a enzima, através do aquecimento hidrolisa

Pepsina – irrelevante.

Quadro 40 – Apresentação dos resultados obtidos e da sua interpretação pelo Grupo F.
A cor azul põe em evidência os tubos 2 e 4 que correspondem, respectivamente, à simulação do estômago e da boca.

Os alunos tiraram conclusões correctas sobre a catálise inorgânica efectuada pelo ácido ou pela base (neste último caso, com um apoio da professora, dado que não tinha sido trabalhada na aula a hidrólise do amido catalisada por uma base concentrada).

No que respeita à catálise enzimática, os alunos partiram do princípio de que a resposta ao problema era obrigatoriamente positiva, tendo propositadamente realizado de forma incorrecta o protocolo experimental que definiram, a fim de obterem os resultados que julgavam correctos. Estes dados são expressos, posteriormente, por dois alunos do grupo.

? Apresentação de resultados obtidos e sua interpretação feita pelo grupo G

Grupo G	Sequência de reagentes utilizada, condições da sua utilização e resultados obtidos						
Cozimento de amido	HCl	Bicarbonato de sódio	saliva	Incubação a 37°C	Reagente de Benedict	Água iodada	Resultados finais obtidos
Tubo 1	X		X	X	1 a	1 b	1º De início a cor era azul mas após termos levado à chama ficou cor de tijolo.
		X	X	X	2 a	2 b	2º A cor manteve-se azul mesmo levando à chama.

Quadro 41 – Apresentação dos resultados obtidos pelo Grupo G.

Descrição e interpretação dos resultados obtidos:

- No tubo 1 (a) que continha cozimento de amido, saliva, ácido clorídrico e reagente de Benedict que tinha uma cor inicial azul, depois de levar à ebulição a cor manteve-se azul o que significa que não houve hidrólise, o que indica a não presença de açúcares redutores. No tubo 1 (b) que continha água iodada houve mudança de cor que significa a presença de amido.

- No tubo 2 (a) com reagente Benedict com uma cor inicial azul depois de levar a ebulição houve alteração de cor (ficou cor de tijolo) o que significa que ocorreu hidrólise; existe açúcares redutores. no tubo 2 (b) que continha água iodada houve alteração de cor, o que significa a presença de amido, voltando à cor inicial o que significa que o amido está a desaparecer

Embora tendo copiado os resultados pelos outros grupos e entregue o trabalho após a sua discussão na aula, os alunos do grupo G não interpretaram os resultados à luz do problema proposto nem tiraram conclusões correctas sobre o mesmo.

Em resumo: os grupos (A, B e E) elaboraram a introdução teórica e tentaram interpretar os resultados de acordo com o problema proposto. O grupo F elaborou todo o seu trabalho, sem qualquer apoio exterior ao grupo (só com recursos a livros de apoio), e tentou interpretar os resultados de acordo com o problema por si formulado. Os outros grupos não elaboraram a introdução teórica nem interpretaram os resultados de acordo com o problema proposto.

2.2. Enumeração dos grupos que elaboraram (ou não elaboraram) os diversos itens de interpretação de resultados.

Seguidamente, apresenta-se a caracterização do tipo de interpretação dos resultados que os grupos efectuaram. Alguns grupos discutiram os seus resultados à luz dos conceitos teóricos estudados enquanto que, outros grupos, interpretaram, de forma superficial, os resultados obtidos.

2.2.1. Interpretação dos resultados obtidos nos testes da água iodada e do licor de Fehling (incidindo na reacção química)

Todos os grupos interpretam os resultados obtidos nos testes, pronunciando-se sobre a ocorrência ou ausência de hidrólise, em função da cor desenvolvida.

2.2.2. Discussão dos resultados à luz do problema proposto (incidindo na reacção biológica)

Os grupos C, D e G não interpretam os resultados à luz do problema proposto. Apenas os grupos A, B, E e F interpretam os resultados obtidos em função da problemática

inicial, justificando a ocorrência ou ausência de hidrólise em função do pH do meio fornecido à enzima.

3. Construção do esquema conceptual pelos grupos de alunos

Para analisar a construção do esquema conceptual pelos grupos, foram utilizados dados extraídos da introdução teórica e da interpretação de resultados referentes aos conhecimentos conceptuais-processuais explicitados.

3.1. Grupos que tentaram elaborar um esquema conceptual

Só 4 grupos (A, B, E, F) tentaram elaborar um esquema conceptual com o trabalho experimental laboratorial, dado que só estes grupos interpretaram os resultados à luz do problema proposto e emitiram conclusões, associando os conhecimentos anteriores ao trabalho experimental laboratorial efectuado.

3.2. Conhecimentos conceptuais-processuais descritos pelos grupos na introdução teórica e na interpretação dos resultados/emissão de conclusões, visando a elaboração do esquema conceptual.

A elaboração semântica dos conteúdos sobre enzimas, de nível conceptual-processual apresentada na introdução teórica, pelos grupos que a realizaram, focou os seguintes itens:

? Determinação das condições do meio (existentes na boca e no estômago) em que se pretende realizar a hidrólise.

- Definição da hidrólise catalisada pela amilase salivar – grupos A, B,C
- Determinação do controle – grupos A, B, C
- Determinação dos valores de pH e de temperatura, existentes na boca e no estômago. – grupos A, B, C

? Explicação dada sobre a reacção da enzima aos factores do meio

- A indicação da reacção enzimática esperada na boca e no estômago, de acordo com os valores de pH e de temperatura referidos – foi explicitada pelos grupos A e B.

justificação do condicionamento enzimático pelos factores do meio – A, B. (só o grupo A, ao referir a desnaturação, explica de facto, as alterações pela amilase salivar no estômago, porque recorre ao modelo de enzima).

- Grupos C, D, e G - Não elaboraram a introdução teórica nem interpretaram os resultados de acordo com o problema proposto. Os resultados são expressos em termos de ocorrência ou não ocorrência de hidrólise. Não há, pois elaboração da estrutura conceptual.

3.3. Avaliação holística dos esquemas conceptuais construídos pelos diferentes grupos.

A elaboração semântica dos conceitos, a nível conceptual-processual, que integram o esquema conceptual construído por cada grupo, não foi associada em categorias, dadas as diferentes formas de elaboração verificadas nos 4 grupos. Fazendo uma avaliação holística de cada esquema conceptual sobre enzimas, pode-se resumir o seguinte:

O grupo A explicita e articula bem os significados dos conceitos envolvidos, a nível conceptual-processual, de forma a construir um esquema conceptual semelhante ao científico.

O grupo B “esquece” as variáveis implícitas, tendo elaborado um esquema conceptual distorcido (apresentando uma “lentidão enzimática” decorrente da realização de parte da hidrólise, em condições diferentes das pré-determinadas), semelhante ao construído pelo grupo A, no seu 1º relatório.

O grupo E não consegue sequer seleccionar, convenientemente, os conceitos a estudar experimentalmente. Não consegue expressar o problema formulado, numa linguagem teórica, pela explicitação das características enzimáticas a estudar experimentalmente.

O grupo F, tendo esquecido as perguntas de apoio à planificação, desenvolveu o seu esquema conceptual baseado no preconceito de que a professora só podia propor um trabalho com uma solução positiva, tendo distorcido os seus resultados para “chegar às conclusões certas”. O estudo da enzima, que apresenta, está errado. O estudo sobre os catalisadores químicos está certo.

Ao realizarem o seu estudo experimental laboratorial os alunos são confrontados com erros de planificação e de execução que denunciam concepções erradas. A interpretação

dos erros é difícil, sobretudo porque os alunos misturam observações com inferências e têm difficuldade em diferenciar aquilo que vêem e aquilo que pensam que sucede, o que está de acordo com o que afirma Sanmartí (1997). Na ausência de uma reflexão orientada sobre o trabalho, corre-se o risco de permitir a elaboração semântica errada de novo conhecimento conceptual-processual, a partir dos resultados obtidos.

4. Gráfico 4 - Síntese sobre o 2º Relatório de Grupo

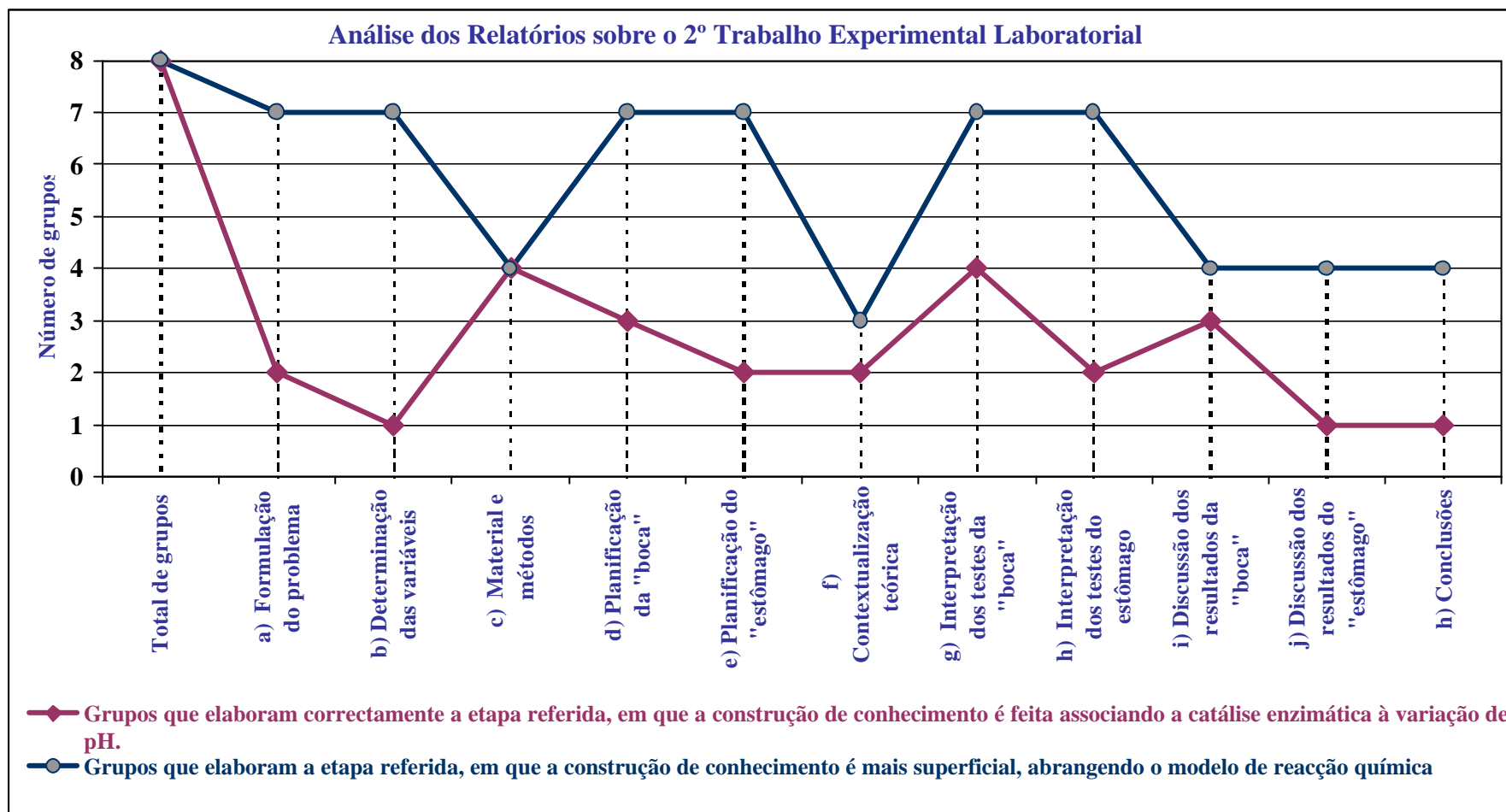


Gráfico 4 – Indica o número de grupos que elaborou cada secção do 2º Relatório

Foi incluído o grupo G nos grupos que elaboraram incorrectamente as diversas etapas referidas.

O gráfico anterior apresenta os dados referentes ao número de grupos que elaborou as diversas secções do relatório. As duas séries representadas dizem respeito, respectivamente:

- Série azul - indica o número de grupos que elabora a etapa referida, mesmo que de forma superficial, integrando os dados num modelo de reacção química (da hidrólise do amido).
 - Série castanha: indica o número dos grupos que elabora correctamente a etapa referida, integrando os dados num modelo bioquímico (pela associação da catálise enzimática aos valores de pH).
- ? Formulação do problema - apenas dois grupos (B e C) formulam, com precisão, o problema em causa (saber se a enzima actua em meio ácido) tendo os demais grupos formulado o problema sem definir claramente o objecto de pesquisa (saber se a enzima actua no estômago).
- ? Determinação das variáveis – apenas um grupo (D) indica uma relação de dependência da enzima em relação ao pH. Todos os outros grupos que elaboraram o relatório referem apenas os factores físico-químicos do meio, pH e temperatura.
- ? Planificação do tubo que simula a boca - é realizada correctamente por apenas três grupos (A, C, F). Os grupos B, D e E cometem um erro na aplicação do conceito de neutralização, com diferentes consequências, conforme o “agente neutralizador” utilizado: para o grupo B, que utilizou bicarbonato de sódio, não afecta os resultados; para os grupos D e E, que utilizaram ácidos ou bases fortes, os resultados são irreversivelmente alterados.
- ? Planificação do tubo que simula o estômago - é realizada, correctamente, apenas por dois grupos (A e F) que aplicam experimentalmente as características enzimáticas implícitas necessárias (variáveis implícitas). Os outros grupos não as utilizaram, planificando incorrectamente o seu trabalho o que implica, obrigatoriamente, na obtenção de resultados errados.
- ? Introdução teórica - foi realizada por apenas três grupos (A, B, E). No entanto, apenas dois grupos (A, B) associam a variação da actividade catalítica à variação do pH, fundamentando, teoricamente, o seu trabalho.

- ? Interpretação dos resultados obtidos, a nível químico - devido aos erros conceptuais-processuais cometidos na planificação/execução dos tubos simulando a boca e o estômago, verifica-se que só 4 grupos (A, B, C, F) conseguem interpretar, adequadamente, os resultados obtidos nos testes da água iodada e do licor de Fehling no tubo correspondente à boca, e apenas 2 grupos (A, C), no caso do tubo correspondente ao estômago. Estranhamente, o grupo C planificou mal a experiência neste tubo, mas obteve os resultados esperados teoricamente (?).
- ? Discussão dos resultados à luz do problema proposto – o tubo que simula o estômago só foi interpretado correctamente por um grupo (A); o tubo que simula a boca foi interpretado por 3 grupos (A, B e C).
- ? Conclusões sobre o trabalho - O grupo A tira as conclusões correctas; apenas não consegue interpretar um erro de aplicação da técnica. O grupo B tira conclusões parcialmente certas. Os grupos C e D não apresentam conclusões. O Grupo E não consegue tirar conclusões certas, dadas as dificuldades teóricas apresentadas. F tira conclusões erradas. O grupo G não tira conclusões.

Nenhum grupo consegue interpretar resultados errados e perceber os erros cometidos. Ou “sabem a matéria” e aplicam-na, não cometendo o erro, ou erram a partir da concepção inicial do trabalho e o erro repercute-se em todo o trabalho.

5. Análise da Discussão Posterior à Entrega do Relatório – Respostas às Perguntas Orientadoras de uma Reflexão sobre o Trabalho Efectuado.

Seguidamente, são expostas as respostas dos grupos às perguntas feitas pela professora, visando orientar uma reflexão sobre o 2º trabalho.

5.1. Elaboração do protocolo experimental

- ? **Quais são os valores de pH e de temperatura ideais para a actuação da amilase salivar?**

Assunto em causa: determinação dos valores de temperatura e de pH óptimos para a realização da catálise enzimática. Os alunos deviam indicar: pH 7 (meio neutro) e temperatura de 37° - 40°C.

Respostas: os grupos A, B, D e E indicaram *pH neutro* e temperatura entre 37°C – 40°C; o grupo C referiu apenas a temperatura de 42°C. Não houve qualquer mudança em

relação ao relatório.

? Quais são os valores de pH e de temperatura existentes no suco gástrico ?

Assunto – determinação dos valores de temperatura e pH do suco gástrico. Os alunos deviam indicar: pH de 1,5 a 2 e a temperatura de 37°C.

Respostas: os grupos A, B, D e E indicaram um *pH ácido* e temperatura de 37°C; apenas os grupos B e C referiram valores numéricos de pH situados entre 1 – 2. O grupo C referiu valores adequados à boca, (pH – 6,35 e temperatura de 37°C) o que significa que não reflectiu sobre o assunto. Não houve qualquer mudança em relação ao relatório.

? Que resultados espera, teoricamente, obter ? Justifique.

Assunto em causa: os conhecimentos elaborados pelos alunos sobre a actividade catalítica da amilase salivar em meio ácido (pH de 1 – 2). Os alunos deviam indicar ausência de hidrólise com a enzima a actuar em meio ácido, porque a enzima desnatura com os valores de pH de 1,5 – 2 do suco gástrico.

Respostas:

- Grupo A Não pensámos obter hidrólise quando fizemos a enzima actuar em meio ácido, pois o pH é menor do que o pH óptimo da enzima e esta desnatura.
- Grupo B Que não ocorresse hidrólise no tubo 2 pois os valores de pH são muito diferentes. E qualquer valor de pH acima ou abaixo do pH óptimo de activação diminui a actividade
- Grupo C Esperávamos que a amilase não actuasse em meio ácido pois, teoricamente a amilase salivar necessita de um meio cujo pH seja igual a 7.
- Grupo D Teoricamente com o teste devo obter com ácido clorídrico o teste (a hidrólise) tem que ser negativo. Manifesta incapacidade de expressar adequadamente as ideias sobre o assunto.
- Grupo E Esperamos que o amido hidrolisasse nas condições que a boca tem por acção da amilase salivar, e estivesse já degradado com as condições que o estômago tem.... Manifesta alguma incapacidade em expressar adequadamente as ideias sobre o assunto.

Apenas os grupos A, B, C e D associaram os conhecimentos elaborados previamente e que integram o esquema conceptual em estudo. Os grupos A, B e C equacionaram a actividade catalítica em função do pH, mas apenas o grupo A referiu a possibilidade de desnaturação enzimática em meio ácido. O grupo B referiu uma diminuição da

actividade enzimática para valores situados acima ou abaixo do pH óptimo. O grupo C limitou-se a indicar que a enzima não devia actuar a pH diferentes de 7. O grupo D, embora com muitas dificuldades de expressão escrita (é necessário substituir o termo “teste” por “hidrólise”, para que as frases adquiram sentido) indicou que com o ácido clorídrico não haveria hidrólise. O grupo E não respondeu à pergunta indicando, que em condições normais de digestão, o amido já estaria degradado quando chegasse ao estômago (o que pode não acontecer). Este grupo não conseguiu aplicar ao trabalho experimental laboratorial os conhecimentos teóricos.

O grupo C explicitou, pela primeira vez, a relação existente entre a actividade enzimática da amilase salivar e os valores de pH do meio. Embora este grupo, durante a interpretação dos resultados, pudesse ter compreendido que a actividade enzimática estava dependente do pH do meio, o facto é que não explicitou tal ideia. As suas conclusões reportaram-se apenas ao pH como condicionante da hidrólise, sem explicar de que forma este condiciona a actividade enzimática. A pergunta, neste caso, orientou o raciocínio do grupo para as questões fulcrais do trabalho, de forma a que não fossem esquecidas.

? Que controlos utilizaria para esta experiência ?

Assunto em causa: a elaboração do controlo do trabalho experimental laboratorial. Os alunos deveriam indicar um tubo contendo cozimento de amido e saliva.

Respostas:

- Grupo A Para esta experiência utilizaria um controle com tudo o que tem o tubo (“do estômago”) só que com pH neutro”
- Grupo B Um controle com meio neutro (pH = 7), tubo 1.
- Grupo C Cozimento de amido + amilase salivar.
- Grupo D O controle que utilizaríamos foi aquele que utilizámos.
- Grupo E O controle do tubo 1 (meio ácido) foi o tubo 2 (meio neutro) no teste do reagente de Benedict. No teste da água iodada o controle do tubo 3 foi o tubo 4.

Esta pergunta revelou não ter qualquer significado pois não incidiu sobre as várias concepções erradas sobre a neutralização (desconhecidas pela professora). Desta forma mantiveram-se as concepções erradas anteriores.

A pergunta 1, respeitando à planificação do protocolo experimental, facultou apenas ao grupo C que explicitasse a relação existente entre a catálise enzimática e o pH. Não implicou qualquer outra mudança, a nível dos conhecimentos dos alunos.

5.2. Execução do protocolo

? Como procederia experimentalmente para simular a actuação da amilase salivar misturada com o suco gástrico sobre o amido ?

Assunto em causa: a elaboração da sequência correcta de junção dos reagentes, atendendo às características de eficácia e velocidade da catálise enzimática em condições óptimas. Os alunos deviam responder: a adição de ácido clorídrico ao cozimento de amido para fazer baixar o pH para o valor de 1 a 2, previamente à junção da saliva.

Respostas

- Grupo A Faríamos o mesmo que fizemos no ponto 1.3 e 1.4
- Grupo B Misturamos cozimento de amido e amilase salivar a 40°C num meio ácido obtido pela adição de HCl, obtendo um pH = 1 – 2. Foi mantido o erro.
- Grupo C Ver planificação da actividade experimental pelo grupo. Foi mantido o erro.
- Grupo D Elevaria a 37°C e depois faria os testes da água iodada e do licor de Fehling. (a pergunta não foi percebida) Foi mantido o erro
- Grupo E Colocando num tubo amido, saliva, pepsina, ácido clorídrico e lipase gástrica pois estes últimos são constituintes do suco gástrico. (Verifica-se aqui a influência do Grupo F que simulou o suco gástrico com ácido clorídrico e pepsina.) Foi mantido o erro.

Só os grupos A e F tinham inicialmente planificado a sequência correcta da junção dos reagentes, atendendo às características de velocidade e eficácia de catálise enzimática em condições óptimas. Os grupos B, C, D e E não repensaram a sequência planificada e executada, mantendo os erros iniciais. Não houve mudança na execução do protocolo com o auxílio desta pergunta.

? Que testes deveria ou não realizar para saber se foi ou não efectuada a hidrólise do amido?

Assunto em causa: a aplicação dos testes do licor de Fehling e da água iodada. Os alunos deviam responder: os testes da água iodada e do reagente de Benedict (ou do Licor de Fehling).

Respostas - Todos os grupos, com excepção do C, indicaram os testes da água iodada e do reagente de Benedict. O grupo C só referiu a água iodada. Não houve qualquer mudança pela introdução de questões orientadoras.

? Que condições do meio (pH e temperatura) se devem verificar para se poderem efectuar os testes referidos?

- Os alunos deviam dizer o seguinte: O teste da água iodada deve ser feito à temperatura ambiente; o teste do reagente de Benedict (ou licor de Fehling) implica levar o tubo à ebulição; deve haver uma neutralização do meio previamente à aplicação dos testes.

Respostas: os grupos A, B, C, e E continuaram a indicar a temperatura de 37°C como adequada ao teste pela água iodada. Apenas os grupos A e C referiram a neutralização do pH como condição prévia à aplicação dos testes (estes grupos tinham aplicado correctamente o conceito de neutralização). Não houve qualquer mudança pela introdução de questões orientadoras.

? Como deveria proceder para que as condições de pH e de temperatura fossem adequadas aos testes ?

- Os alunos deviam dizer o seguinte: neutralizar o meio que contém ácido pela adição de bicarbonato de sódio, controlada por papel indicador de pH ; esperar que o tubo arrefeça antes de fazer o teste pela água iodada; levar o tubo com o reagente de Benedict à ebulição.

Respostas:

Grupo A Para que as temperaturas estivessem na ordem dos 37° C utilizámos o banho-maria onde colocámos os tubos. Para que o pH fosse neutro tivemos que o neutralizar com bicarbonato e sódio no tubo com ácido clorídrico.

- Grupo B Para o pH neutralizaremos com HCl ou NaHCO₃, a temperatura para o reagente de Benedict é levar à ebulição a 100°C e a temperatura da água iodada estava a 40°C. (Não define bem as condições de neutralização)
- Grupo C Neutraliza-se o pH adicionando bicarbonato de sódio, e para a temperatura levar os tubos ao banho-maria com a temperatura desejada
- Grupo D A temperatura levar os tubos a banho-maria 37°C ; o pH – verificar com o teste pH e neutralizar quando for preciso. (Não define bem as condições de neutralização)
- Grupo E Para fazer os testes da água iodada e o reagente de Benedict tivemos de neutralizar a solução e levar os tubos a incubar a 37°. (Não define bem as condições de neutralização).

Foi mantido o erro, referente à temperatura, por todos os grupos. No que respeita à neutralização, os grupos A e C referiram a utilização do bicarbonato de sódio para neutralizar o tubo com ácido clorídrico. O grupo B explicitou em termos funcionais o significado de neutralização: “neutralizaremos com HCl ou NaHCO₃”, mas não indicou o procedimento correcto a efectuar, nem os tubos em que deveria ser aplicado. Os grupos B, D e E mantiveram os erros anteriores, dado que não definiram as condições em que se devia processar a neutralização. Pela 1ª vez foi explicitada a possibilidade de efectuar uma neutralização com um reagente ácido, ou seja foi aplicado correctamente o conceito, pelo grupo B. Não há mudanças nos outros grupos.

Com excepção da explicitação pelo grupo B dos tipos de neutralização que estudou, não há qualquer outra mudança efectuada com a pergunta orientadora.

5.3. Interpretação do trabalho realizado

São apresentadas as respostas às seguintes perguntas:

? **Os resultados do seu trabalho estão de acordo com os esperados teoricamente?**

(Não se esperava um único tipo de respostas, dependendo estas da forma como cada grupo realizou o seu trabalho. Valorizou – se a crítica feita aos erros ou omissões do trabalho e as propostas de solução para os mesmos)

Respostas:

- Grupo A Em parte estiveram de acordo, principalmente no teste do reagente de Benedict. Quanto ao teste da água iodada não nos deu como esperávamos pois, no tubo que o teste do Reagente de Benedict deu positivo (houve hidrólise) – tubo 2 – o teste da água iodada revelou-nos que existia bastante amido, ainda mais do que no tubo 1, onde não houve hidrólise.
- Grupo B No tubo 2, ocorreu pouca hidrólise e mas mesmo assim pensamos que iria acontecer ainda menos hidrólise do amido devido às condições do meio serem ácidas 1 - 2. O tubo 1 estávamos a contar que isso acontecesse.
- Grupo C Sim. (Os resultados não deram de acordo com o esperado).
- Grupo D Sim deu tudo como previsto. (Não há concordância entre os resultados do teste da água iodada e do reagente de Benedict no tubo ácido)
- Grupo E Não. Devia ter havido uma indicação dos resultados que não deram de acordo com o previsto.

Apenas os grupos A e B compararam os resultados obtidos com os esperados teoricamente. Os grupos C, D e E não estabeleceram qualquer comparação. Não houve qualquer mudança com a pergunta orientadora.

? Pode haver erros no trabalho (tanto na concepção como na execução do mesmo). Em que etapas do trabalho poderá ter havido falhas ?

Respostas:

- Grupo A Pensamos que as falhas poderão ter existido no procedimento, por exemplo quando desdobrávamos os tubos, o material pode não ter ficado distribuído de igual forma. Outra hipótese é que não tenhamos agitado bem os tubos.
- Grupo B Pensamos que houve alguns erros na execução do trabalho experimental. Colocamos o Reagente de Benedict no tubo onde não deveríamos e achamos que nas paredes do tubo 2 deve ficar sempre um pouco de cozimento de amido e amilase salivar que não entrou em contacto com o ácido clorídrico e * antes de colocarmos este a amilase actua sobre o amido e há a realização da hidrólise e mesmo após colocar o ácido clorídrico este não entrou em contacto com a amilase e amido que estavam nas paredes do tubo 2.
- Grupo C No procedimento ou planificação. (Não referem as etapas em que poderá ter havido erros, nem os erros cometidos).
- Grupo E Na concentração da amilase salivar e o ácido clorídrico pois para os testes darem positivos a solução presente no tubo tinha de estar neutra. (Foram cometidos muitos erros de procedimento que não foram explicados).

Erros corrigidos

* O grupo B corrigiu o erro conceptual-processual relativo à junção do cozimento de amido e saliva previamente à adição do ácido clorídrico.

O grupo E referiu a não neutralização dos tubos, previamente à aplicação dos testes. No entanto, continuou a expressar as ideias de forma muito confusa, associando a concentração da amilase e do ácido clorídrico à neutralização do conteúdo do tubo. A não discriminação das características ou variáveis enzimáticas operacionais da experiência e da forma como estabeleceram relações de interdependência (devido a um deficiente estudo da situação problemática) levou a que este grupo não conseguisse explicar o que realizou ou os resultados que observou.

? Para evitar os erros referidos qual seria o procedimento adequado ?

Respostas:

Grupo A Deveríamos ter agitado bem o tubo para que a solução ficasse devidamente homogeneizada.

Grupo B Colocar amido, HCl inverter para que todo o tubo fique nas mesmas condições e só depois colocar a amilase salivar para evitar que ocorra hidrólise.

Grupo C Estar com mais atenção ao que fazíamos; pôr a mesma quantidade de reagente em cada tubo.

Grupo E Aumentar a concentração de saliva e após a incubação neutralizar o ácido.

O grupo B planificou correctamente a sequência referente à elaboração do tubo que simula o estômago.

De acordo com o esquema conceptual elaborado (mas errado), o grupo E que tinha justificado a falta de actividade catalítica no tubo do estômago por haver uma pequena quantidade de saliva, referiu agora a necessidade de aumentar a quantidade de saliva no tubo. Referiu, ainda, a necessidade de neutralizar o conteúdo dos tubos previamente à aplicação dos testes. Não corrigiu a aplicação de neutralização nem a sequência de reagentes a adicionar ao tubo que simula o estômago.

? Que conclusões pode tirar do seu trabalho experimental ?

Respostas:

- Grupo A Houve algumas falhas que poderiam ter sido evitadas a nível de procedimentos, daí que a prática tenha sido relativamente diferente do que estávamos à espera, mas contudo pensamos de igual forma.
- Grupo B Se tivéssemos realizado o protocolo experimental como referi no ponto 3.3) provavelmente no tubo 2 não haveria hidrólise porque a enzima ficaria inactiva no meio ácido (pH = 1 / 2). Mesmo assim no nosso trabalho experimental ocorreu hidrólise porque a inactivação não é imediata logo houve tempo para que a hidrólise ocorresse.
- Grupo C A amilase salivar não actua em meio ácido.
- Grupo D O amido não é degradado no estômago pois o pH é ácido mas é degradado na boca. O pH interfere nas reacções das enzimas e temperatura também embora isso não aconteça no corpo humano pois a temperatura é sempre igual.
- Grupo E O tubo 1 e 3 os resultados obtidos foram negativos devido a falhas no procedimento experimental, tais como não neutralizar o ácido após a incubação. No tubo 2 e 4 foram negativos pois só na discussão posterior à entrega do relatório é que detectamos que cometemos um erro ao colocar um ácido e neutralizar em seguida pois o meio da boca é neutro e nós saturamos, modificamos a estrutura enzimática da amilase salivar.

- O grupo B apesar de ter evoluído quanto à necessidade de considerar na sua planificação a grande velocidade e eficácia enzimáticas, ainda não compreendeu a diferença entre a inactivação da amilase salivar no estômago (mediada pelo suco gástrico) e a inactivação laboratorial efectuada no tubo a que se adiciona ácido clorídrico. Constata-se que o modelo construído por este grupo foi, por vezes bem aplicado experimentalmente, e por vezes, ainda foi aplicado de forma distorcida.
- O grupo D tirou conclusões sobre o trabalho, sem demonstrar qualquer evolução nesta 2ª reflexão sobre a interpretação de resultados, no que respeita às respostas elaboradas. Novamente, as conclusões estiveram dissociadas da interpretação dos resultados (ou, devido às dificuldades de expressão escrita, o grupo limitou-se a enunciar as conclusões).
- O grupo E referiu a necessidade de neutralizar o conteúdo dos tubos previamente à aplicação dos testes, embora não corrigisse a aplicação de neutralização. Indicou ainda que, “só na discussão posterior à entrega do relatório é que detectamos que cometemos um erro ao colocar um ácido e neutralizar em seguida pois o meio da boca é neutro e nós saturamos, modificamos a estrutura enzimática da amilase

salivar”. Foi a 1ª vez que o grupo estabeleceu uma associação entre a modificação do pH e a desnaturação da enzima (embora o termo utilizado tenha sido, “saturamos” como sinónimo de modificação da estrutura enzimática).

A pergunta 3, sobre a interpretação dos resultados permitiu que os grupos B e E modificassem o seu esquema conceptual sobre enzimas a um nível profundo. No entanto, verifica-se que o grupo B realiza ainda pequenos erros de interpretação sobre a reacção enzimática à variação de pH e o grupo E estabelece, pela 1ª vez, a associação entre a estrutura enzimática e a variação de pH.

Todos os grupos (B, D e E) que tiveram em conta as perguntas orientadoras e que tinham cometido o erro da não neutralização do tubo ácido previamente à aplicação dos testes da água iodada e do licor de Fehling, corrigiram o erro conceptual-processual cometido. No entanto, não explicaram como deveria efectuar-se a neutralização pretendida.

5.4. Apresentação de um quadro sobre a correcção dos erros conceptuais-processuais

O quadro 42 indica os erros efectuados durante a realização do 2º trabalho experimental laboratorial e sua detecção e correcção com o apoio das perguntas orientadoras sobre a interpretação dos resultados.

Relatório do 2º trabalho experimental	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G	H
Erros cometidos na planificação (1) e posterior correcção (2) durante a reflexão sobre o trabalho, mediada por perguntas orientadoras.	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)		(1)		
Tubo com o pH de 1,5 – simula o meio existente no estômago															
Adicionar o ácido depois da junção do amido com a saliva			x	C	x		x		x				x		-
Não neutralizar o ácido, após incubação a 37° - 40° C			x	C*			x	C*	x	C*	x		x		-
Tubo com o pH de 7 – simula o meio existente na boca															-
Adicionar ácido clorídrico e neutralizá-lo com hidróxido de sódio									xx	C					-
Adicionar bicarbonato de sódio ou hidróxido de sódio para “neutralizar” o tubo			x				x						x		-

Quadro 42 – Erros conceptuais-processuais cometidos na planificação/execução do trabalho experimental laboratorial e sua posterior correcção, com auxílio das perguntas orientadoras sobre a interpretação dos resultados

C – correcção do erro realizado anteriormente

C* - efectuou a correcção, indicando a necessidade de proceder a uma neutralização mas não explicou como se processava.

Duas Séries de Perguntas de Opinião sobre o 2º Trabalho Experimental Laboratorial

Estas perguntas visavam complementar os dados obtidos com os outros instrumento de avaliação.

1ª Série de Perguntas de Opinião sobre o 2º Trabalho Experimental Laboratorial

Esta série de perguntas é relativa à avaliação do trabalho experimental laboratorial feita pelos grupos. Só os grupos A, B, C e D responderam a esta série de perguntas.

- 1.1. À pergunta “em relação à sua planificação o que considerou mais difícil e mais fácil ?” os grupos referiram o seguinte:
 - 1.1.1. Dificuldades sentidas: o grupo A referiu que durante a planificação do trabalho, a parte que achou mais difícil foi a determinação das variáveis a testar e o tubo controlo. O grupo B referiu também o controlo. Para o grupo C, o mais difícil na planificação da actividade foi descrever o protocolo experimental, assim como planificá-lo, pois implicava já um conhecimento acerca do que se iria fazer para testar a acção da amilase salivar em meio ácido.
 - 1.1.2. Facilidades sentidas: para o grupo A, a parte mais fácil foi a planificação do material e dos métodos necessários. Para o grupo B foi fácil perceber a ligação entre a amilase salivar e o estômago, o que ia ser testado e a demonstração da hidrólise e perceber as variáveis em estudo. Para o grupo C o mais fácil foi definir o problema em causa, porque no protocolo fornecido já estavam definidos os objectivos.
- 1.2. Em relação à pergunta “quanto à execução do trabalho, o que considerou mais difícil e mais fácil ?” os grupos responderam o seguinte:
 - 1.2.1. Dificuldades sentidas: para os grupos A e C, o mais difícil de executar foi a neutralização do pH. O grupo A acrescentou a falta de tempo para desenvolver o trabalho.
 - 1.2.2. Facilidades na execução sentidas: Para os grupos A e C o mais fácil foi cumprir o protocolo estabelecido, salvaguardando as dificuldades descritas.

1.3. A opinião dos grupos sobre o trabalho em geral foi a seguinte:

Para o grupo A o trabalho foi difícil no início, durante a planificação, mas depois de entender o objectivo foi fácil o seu cumprimento.

Para o grupo B o que mais gostou foi “da planificação como actividade em si pois é diferente, obriga-nos a pensar. Assim percebemos exactamente o que estamos a fazer, o porquê da actividade”. O que o grupo gostou menos foi “o tempo que demoramos a perceber qual era o controlo e a sua constituição”.

O grupo D - Pensou que a aprendizagem melhorou porque “graças a este trabalho orientou o nosso estudo e fez com que tivéssemos que pesquisar mais sobre o estudo das enzimas as suas condicionantes”.

2ª Série de Perguntas de Opinião sobre o 2º Trabalho Experimental Laboratorial.

Esta série de perguntas é relativa à avaliação individual sobre o trabalho.

2.1. Indique o que mais gostou no 2º trabalho e justifique.

As respostas dos alunos estão explicitadas no quadro 43. A numeração atribuída a cada aluno é aleatória, servindo para simplificar a compilação das respostas.

- | |
|---|
| <p>1 – <u>Foi a realização prática</u> depois de já ter feito o trabalho experimental porque era o mais fácil de fazer, embora também tenha sido salutar e proveitoso elaborarmos nós o procedimento.</p> <p>2 – liberdade de podermos criar um protocolo experimental que se possa ajustar ao problema que é pedido.</p> <p>3 – do procedimento experimental, <u>gosto mais de prática</u>.</p> <p>4 – gostei do facto de <u>ser eu própria a realizar o trabalho</u>, de planificar tudo desde o início até ao fim. Tudo o que fiz, (até os erros) fui eu que raciocinei e cometi os erros que cometi por minha culpa. <u>...porque eu pensei e percebi</u> (às vezes erradamente) aquilo que tinha feito. Foi o trabalho de que mais gostei.</p> <p>5 – foi o nosso esforço utilizado neste trabalho o que fez com que procurássemos entender as coisas e saber coisas novas como por exemplo: a pepsina é a enzima que actua no estômago.</p> <p>6 – <u>foi o facto de ter sido planificado e executado totalmente</u> pelo grupo. Nós tivemos <u>de construir os suportes para o trabalho</u> e chegar às conclusões correctas. Foi o trabalho mais engraçado que já fizemos que nos levou a perceber bem a actividade enzimática.</p> <p>7 – gostei de tudo de um modo geral pois ao realizar este trabalho desde o início (qual o problema, planificação etc....) <u>tive uma melhor percepção daquilo que estava a fazer</u> e “obrigou-me a utilizar</p> |
|---|

conhecimentos adquiridos ao longo do ano. Foi interessante.

8 – o que mais gostei neste trabalho foi a parte dos procedimentos, porque depois de ter o plano feito foi fácil a parte prática e a previsão dos resultados, uma vez que os procedimentos (planificação) já estavam feitos.

9 – foi de encontrar a resposta para o problema proposto e a sua execução.

10 – Foi descobrirmos os erros que cometemos, e a melhor maneira que podíamos ter feito (discussão após o trabalho).

11 – foi o trabalho e a obrigação de pesquisarmos para chegarmos a conclusões.

12 – O facto de poder proceder à minha maneira e pensar em grupo no que fazer sem ajuda de protocolos experimentais pré-estabelecidos.

13 – gostei mais da execução do protocolo porque gosto de mexer com o material de laboratório e gostei da discussão porque acho que deveria ser sempre feita.

14 – A parte que mais gostei neste trabalho foi a realização do trabalho prático, porque aí nós confirmamos o que tínhamos feito na planificação.

15 – da planificação que fiz pela 2ª vez, porque os resultados obtidos foram dentro do esperado logo foi a parte melhor mas gostei de todo o trabalho.

16 – o que gostei mais neste trabalho foi a parte do trabalho prático quando juntávamos o licor de Fehling ao tubo com amilase, saliva, ácido clorídrico e a cor mudou mas quando levamos à chama ficou com uma cor tijolo.

17 – Foi da execução do protocolo experimental.

18 - A liberdade que nos foi concedida, a liberdade de pensar. Desenvolvimento de raciocínio e menos desenvolvimento de memória. Foi muito proveitoso.

19 – executar o trabalho experimental sozinha sem a opinião da professora ou dos livros pois gosto de ter liberdade de imaginar.

Quadro 43 – Respostas individuais dos alunos à pergunta:

Indique o que mais gostou no 2º trabalho e justifique.

Podem formar-se dois grupos de alunos atendendo às suas preferências: os alunos que gostaram sobretudo da realização prática e os alunos que privilegiaram a possibilidade de planificar a actividade experimental com autonomia.

? Alunos que preferiram a autonomia (2, 4, 5, 6, 7, 10, 11,12,18, 19)

- Nove alunos indicam o seu interesse pela realização autónoma do trabalho, tendo basicamente referido “à liberdade de pensar” e “ser o grupo a planificar e a executar o trabalho todo” como aquilo de que mais gostaram nesta actividade.

Este grupo justificou as suas preferências com explicações de ordem cognitiva. Foram

exemplos :

- ...eu pensei, e percebi aquilo que tinha feito...
- ...tivemos que construir os suportes para o trabalho e chegar às conclusões correctas...
- ...tive uma melhor percepção daquilo que estava a fazer...
- ...obrigou-me a utilizar conhecimentos adquiridos ao longo do ano...
- ...desenvolvimento de raciocínio e menos desenvolvimento de memória...
- ...liberdade de imaginar...

? Alunos que preferiram a realização prática (1, 3, 8, 9, 13,14, 16, 17)

- Oito alunos indicaram claramente o seu interesse pela realização prática do trabalho.

Os alunos que preferiram a execução prática indicaram, basicamente, duas razões para a sua preferência: gostar da prática, “...de mexer com o material de laboratório...” e “...porque era o mais fácil de fazer...”

A facilidade em executar as tarefas práticas poderia, também, estar associada à necessidade de uma afirmação autónoma (da sua capacidade de realização): o aluno gosta porque é fácil e, assim, consegue fazer bem; gosta porque consegue ser ele a fazer bem. Esta afirmação de si pode conjugar-se com o gosto pelo manuseamento de material de laboratório.

? Alunos cujas respostas não se enquadram nos grupos anteriores

Dois alunos não responderam e os três alunos restantes não são explícitos quanto às suas preferências.

Dos restantes 13 alunos agrupados em b) e c), apenas dois alunos apresentaram justificações de ordem cognitiva:

- ...acho que a discussão devia ser sempre feita
- ...descobrirmos os erros que cometemos...

2.2. Indique o que gostou menos e justifique.

As respostas dos alunos encontram-se no quadro abaixo apresentado.

- 1 – Não houve nada de que eu não gostasse porque tudo me vai ser útil mais tarde e serviu para eu compreender melhor a matéria.
- 2 – não poderemos avançar com outras investigações ainda que no âmbito da que é pedida.
- 3 – Ter que cuspir pois metia-me nojo. (Actividade prática)
- 4 – Não houve nada de que não tivesse gostado mas sim aquilo que senti mais dificuldade. Tive alguma dificuldade em perceber qual era o tubo controle a sua constituição. Como já estava habituada a um certo tipo de controles (com água destilada,) tive dificuldade em “destacar-me” deste tipo de controles. Além disto, o resto foi fácil.
- 5 – Eu própria ter sido burra na planificação do trabalho.
- 7 – Penso que não gostei menos de coisa alguma. A princípio poderia ter ficado um pouco receosa mas depois encarei o trabalho de forma natural.
- 8 – o que menos gostei foi a parte dos procedimentos (planificação) porque obrigou-nos a pensar quais os meios da boca e do estômago e relacioná-los
- 9 – foi saber qual seria o controle
- 10 – nada, tudo o que eu fiz neste trabalho gostei.
- 11 – foi as dores de cabeça.
- 12 – Achei este trabalho bastante educativo, aprendi bastante, apesar dos erros aprendi bastante com eles.– foi pena alguns alunos não terem aproveitado esta oportunidade para aprenderem alguma coisa. (Não me estou a referir a nenhum elemento do meu grupo)
- 13 – gostei menos de planificar porque nunca tinha feito umas planificação.
- 14 – Sinceramente eu não gostei muito da parte teórica, mas penso que todos os alunos preferem a parte prática pelo menos é a minha opinião.
- 15 – da 1ª planificação porque os resultados obtidos não foram os esperados.
- 16 – o que gostei menos foi da parte teórica em que tínhamos que planificar o trabalho.
- 17 – A planificação do trabalho experimental deixou-me um pouco confuso.– a planificação do trabalho.
- 18 – Foi ter que saber pré-conceitos em pouco tempo, o que é realmente difícil pois tínhamos muitos trabalhos a fazer, também em pouco tempo.
- 19 - Decifrar o problema e como poderíamos resolvê-lo e também tirar conclusões pois tenho muitas dificuldades em interpretar dados.

Quadro 44 – Respostas individuais dos alunos à pergunta:

Indique o que gostou menos e justifique.

As respostas dadas complementaram as anteriores. Mantiveram-se, basicamente, dois grupos de respostas, de acordo com os interesses e características manifestados na pergunta anterior.

Há algumas excepções: a aluna nº1 embora tenha dito que preferia a prática “porque é mais fácil” disse ainda que não tinha havido nada no trabalho de que não gostasse, podendo ser incluída em qualquer dos grupos.

? Alunos que preferiram a planificação do trabalho com autonomia

Os alunos que preferiram planificar o trabalho apresentaram dois tipos de resposta: disseram que não houve nada de que não gostassem (1.1) e / ou indicaram as dificuldades sentidas durante a aprendizagem (1.2).

? Alguns alunos disseram o seguinte:

- “não houve nada de que eu não gostasse” (nº 4, 7, 10); outros alunos referem a mesma ideia por outras palavras: “foi muito educativo” (nº6); “foi o trabalho mais engraçado que eu já fiz” (nº6).

? As dificuldades sentidas pelos alunos reflectiram diferentes formas de abordar a apropriação de conhecimentos durante a realização da actividade.

- a) Há alunos que explicitaram processos cognitivos e metacognitivos de aquisição de conhecimentos ocorridos durante o trabalho : “Gostei, mas tive dificuldade em perceber qual era o controle. Tive dificuldade em “destacar-me” de um certo tipo de controles (água destilada)...”(nº4); “Decifrar o problema, como poderíamos resolvê-lo e também tirar conclusões pois tenho muita dificuldade em interpretar dados (nº19);
- b) Há alunos que desenvolveram capacidades de investigação: “ Não poderemos avançar com outras investigações, ainda que no âmbito da que é pedida ” (nº2). O aluno chega à conclusão de que deve cingir-se ao problema proposto durante a planificação da investigação e considera este facto uma dificuldade; outro aluno refere o mesmo assunto, “aprendi algumas coisas que não se devem fazer numa planificação e numa experiência” e “não me cingi ao problema proposto” (nº12).
- c) Há alunos que modificaram atitudes perante o desafio de um trabalho novo “ao princípio fiquei receosa mas depois encarei o trabalho de forma natural ” (nº7); uma

aluna considera que poderia ter pensado melhor “fui burra na planificação do trabalho” (nº5), revelando, desta forma, a ideia de que poderia ter pensado melhor no problema; esta frase demonstra ainda um grande empenhamento na tarefa;

d) um aluno referiu o excesso de trabalho do fim do ano: “pois tínhamos muitos trabalhos para fazer” (nº18).

- Os alunos referidos nas alíneas anteriores, a), b) e c), descreveram as dificuldades sentidas de uma forma construtiva em que a análise das dificuldades já representa, por si, uma evolução na sua aprendizagem.

? Alunos que preferiram a realização prática

Os alunos indicaram basicamente as seguintes dificuldades: não gostei da parte teórica...em que tínhamos que planificar... (nº 14 e 16); não gosto da planificação dos procedimentos ...pois obrigou-nos a pensar... (14); gostei menos de planificar... porque nunca tinha feito uma planificação (13); Os alunos representados pelos números 1 e 13, que tinham indicado gosto preferencial pela prática não manifestam desinteresse pela teoria ou pela planificação.

Os alunos nº 9 e 17 indicaram dificuldades de ordem cognitiva: “foi saber qual seria o controle” (9); “a planificação do trabalho experimental deixou-me um pouco confuso”.

O aluno nº 15 indica que gostou menos da 1ª planificação do que da sua repetição porque “na 1ª os resultados não deram de acordo com o esperado”. (Este aluno participou muito pouco no trabalho e os resultados que refere dizem respeito aos obtidos pelo grupo G do qual não fazia parte).

Parece não haver um critério uniforme que abranja os alunos que preferem a prática no que respeita à sua descrição das dificuldades experimentadas. O gosto pelo manuseamento do material de laboratório que lhes é comum não tem qualquer equivalência ao nível das dificuldades sentidas.

2.3. Indique de que forma o trabalho escrito contribuiu para uma melhor aprendizagem.

As respostas dos alunos estão apresentadas no quadro 45.

- | |
|---|
| <p>1 – O trabalho escrito ajudou para <u>uma melhor organização de ideias</u> e, conseqüentemente para uma melhor aprendizagem.</p> <p>2 – o protocolo previamente fornecido com os tópicos essenciais do trabalho ajuda-nos a orientar-nos melhor durante a sua planificação e a sua realização. No entanto acho que os tópicos fornecidos foram pouco abrangentes. isto permite-nos fazer reflectir bem sobre o trabalho.</p> <p>3 – o trabalho escrito contribui para uma melhor aprendizagem pois <u>ao escrever e responder às perguntas</u> pegamos nos pontos todos, os mais importantes e vemos as nossas dúvidas.</p> <p>4 – Ajudou porque pudemos perceber erros e porque é que erramos, percebemos muitas coisas que nem tínhamos pensado (controle, HCl / saliva). De tudo acho que até ajudou mais a própria planificação / execução do trabalho que a própria escrita. Aquilo que fiz foi porque <u>eu pensei assim</u>. Eu sei que este trabalho ficará muito presente na memória porque foi algo que resultou do meu trabalho, <u>fui eu que fiz</u> e é esse, no meu entender, o objectivo principal de uma disciplina prática. É esse o tipo de trabalhos que eu gosto e acho que valem a pena.</p> <p>5 – através do trabalho escrito tivemos que pesquisar e através disso contribuiu para uma melhor aprendizagem.</p> <p>6 – este trabalho escrito obrigou-me a <u>reflectir</u> sobre todo o trabalho já executado, <u>organizando</u> todos os <u>conhecimentos adquiridos</u> em relação à actividade enzimática.</p> <p>7– o trabalho escrito também nos ajuda a <u>melhor compreender a actividade</u> e também nos “obriga” a relacionar a matéria.</p> <p>8 – obriga os alunos a consultarem outros livros e a recriarem condições e saber em que meios as enzimas actuam melhor, obrigando a entender qual o objectivo das enzimas no organismo e qual a sua função.</p> <p>9 – o trabalho ajudou-nos a perceber melhor o que iríamos fazer e os resultados que íamos obter, o meu maior problema neste momento é não lembrar-me muito bem dos resultados que obtivemos.</p> <p>10 – o trabalho escrito contribui para a aprendizagem porque nos ajuda a entender melhor aquilo que fizemos e porquê. <u>Perceber melhor porque fizemos o trabalho daquela maneira</u> ajuda-nos a compreender melhor aquilo que fizemos, porque fizemos de uma maneira ou da outra, porque deu positivo e não negativo etc, e compreender o objectivo deste protocolo experimental.</p> <p>11 – fez-me compreender que nem todas as enzimas actuam da mesma forma e no mesmo órgão humano, que cada enzima tem a sua temperatura.</p> <p>12 – no trabalho escrito foi feito <u>a síntese de tudo o que se aprendeu com a experiência e os resultados e erros foram pensados e reflectidos</u>.</p> <p><u>13– o trabalho escrito faz com que haja memorização e aperfeiçoamento de ideias.</u></p> <p>14 – <u>Penso que foi um trabalho muito interessante. por um só motivo. a parte de investigação com o</u></p> |
|---|

grupo. Isso desenvolveu os meus conhecimentos

15 – o trabalho escrito serve para reflectir sobre o trabalho realizado e é também uma forma de aprofundá-lo mais.

16 – nós a escrevermos vamos memorizar com uma melhor facilidade porque a escrever e a pensar ao mesmo tempo

17 – O trabalho experimental escrito contribui para uma melhor compreensão e reflexão do trabalho.
– ...contribui para um melhor raciocínio...

18 – o trabalho escrito contribuiu para assentar conhecimentos. Reflectir sobre o nosso trabalho de grupo, mais propriamente os nossos erros, e com tudo isto aprender conhecimentos fundamentais.

19 – pois cheguei com mais facilidade às conclusões. Percebi melhor quais tinham sido os meus erros e porque os fiz e como se poderia ter evitado. E é mais fácil para mim escrever do que falar sobre as minhas conclusões e erros cometidos no trabalho.

Quadro 45 – respostas individuais dos alunos à pergunta:

Indique de que forma o trabalho escrito contribuiu para uma melhor aprendizagem.

As respostas dos alunos foram agrupadas em três pontos:

? Organização dos conhecimentos adquiridos

- Melhor organização de ideias
- Ao responder às perguntas pegamos nos pontos todos
- Organizar os conhecimentos adquiridos
- Compreender melhor a actividade e relacionar a matéria
- Compreender o objectivo deste protocolo experimental
- Síntese de tudo o que se aprendeu
- Memorização e aperfeiçoamento de ideias
- Memorização
- Melhor compreensão e melhor raciocínio
- Assentar conhecimentos

? Orientação sobre a planificação do trabalho

- orientar a planificação do trabalho
- pesquisar, consultando livros - 2 alunos
- perceber melhor o que iríamos fazer e os resultados que iríamos obter
- investigação com o grupo

? Reflexão sobre o trabalho efectuado

- ...Ajudou a reflectir bem sobre o trabalho – 4 alunos
- ...Perceber coisas em que não tínhamos pensado
- ...Os resultados e erros foram pensados e reflectidos
- ...Reflectir sobre o trabalho de grupo, sobre os nossos erros
- ...Percebi melhor quais tinham sido os meus erros e porque os fiz e como se poderia ter evitado – 2 alunos
- ...Perceber melhor porque fizemos o trabalho daquela maneira
- ...ao responder às perguntas pegamos nos pontos todos...

Resumo sobre as respostas à pergunta:

? Organização dos conhecimentos adquiridos – 10 alunos disseram que o trabalho escrito os ajudou a organizar os conhecimentos adquiridos, a compreendê-los melhor, a relacionar os conteúdos/conceitos, a sintetizar o que tinham aprendido e a chegar a conclusões.

? Orientação da planificação sobre o trabalho – apenas 5 alunos indicaram interesse do trabalho escrito na orientação da planificação ou investigação.

? Reflexão sobre o trabalho efectuado - 10 alunos escreveram que o trabalho escrito os ajudou a reflectir sobre o trabalho efectuado, incluindo reflectir sobre os erros e sobre os resultados e a perceber melhor o que tinham feito e qual a sua causa. Uma aluna referiu que o trabalho escrito a ajudou a “perceber coisas em que não tinham pensado”.

CAPÍTULO V – CONCLUSÕES

Neste capítulo é feita uma súmula do presente trabalho de investigação, com base nos resultados obtidos: 1) nos 1º e 2º questionários, realizados prévia e posteriormente às actividades de experimentação; 2) nos relatórios sobre os 1º e 2º trabalhos experimentais laboratoriais; 3) são, ainda, cruzados, com os dados anteriores, os resultados obtidos nas duas séries de perguntas abertas sobre o 2º trabalho, visando conhecer a opinião dos alunos face ao trabalho desenvolvido.

O estudo dos resultados obtidos fundamenta as conclusões elaboradas, dando-se, deste modo, resposta às perguntas de investigação inicialmente formuladas. Do estudo decorrem, também, implicações educacionais e sugestões para futuras investigações. São ainda expostas as limitações do presente trabalho de investigação.

1. Síntese sobre os Resultados Obtidos nas 1ª e 2ª Actividades de Experimentação, Baseados nos Questionários

As respostas dadas aos 1º e 2º questionários permitiram conhecer a evolução dos alunos com as actividades de experimentação, no que concerne à forma como concebem, discutem e reflectem sobre o trabalho experimental laboratorial e à forma como o realizam ou descrevem. O estudo pôs em evidência lacunas em relação aos conhecimentos básicos dos alunos sobre o trabalho experimental laboratorial.

1.1. Comparação das Respostas Obtidas nos 1º e 2º Questionários, prévia e posteriormente à Implementação das Actividades de Experimentação

O estudo dos dados obtidos nos dois questionários permite elaborar o seguinte:

? No que respeita à concepção do trabalho experimental, verifica-se que alguns alunos deixam de se referir a este trabalho como subsidiário do trabalho teórico (com funções ilustrativas), passando a sua descrição a incidir nos processos de construção de conhecimento utilizados no trabalho experimental; nesse contexto, alguns alunos referem uma maior compreensão dos conteúdos programáticos.

? Verifica-se que, na ausência de orientações específicas, os alunos apresentam dificuldades de construção de conhecimento através da escrita no que respeita à selecção das etapas em que é fundamental a reflexão, discussão e registo de notas sobre o trabalho: previamente às actividades de experimentação, a discussão sobre o trabalho é feita durante a realização da parte laboratorial e na elaboração do relatório;

? Com o apoio das perguntas orientadoras, constata-se uma evolução na forma como os grupos de alunos constróem conhecimento em trabalho experimental laboratorial: posteriormente às actividades de experimentação, a discussão concentra-se, maioritariamente, no estudo da situação problemática e na interpretação dos resultados / emissão de conclusões.

? No respeitante ao estudo da situação problemática, aumenta o número de alunos que considera importante serem realizadas, em grupo, e devidamente discutidas: a formulação do problema, a definição dos objectivos do trabalho, a identificação dos conceitos associados ao problema e a planificação do trabalho.

? Quanto à interpretação de dados/emissão de conclusões apresentam-se três situações distintas:

- Aumenta o número de alunos que considera importante a discussão sistemática dos resultados.
- Mantém-se o número de alunos que considera que devem ser tiradas notas, após a realização do trabalho, e que deve fazer uma interpretação pessoal dos resultados, o que implica que não há uma evolução quanto ao número de alunos que constrói, sistematicamente e de forma autónoma, conhecimento significativo (apenas 3 alunos).
- O número de alunos que indica a necessidade de discutir a conclusão do trabalho mantém-se superior ao número dos pretendem interpretar os resultados.

? Os alunos dão grande valor às suas observações, que consideram fidedignas, dificilmente pondo em causa a interpretação do que observam. Não há alteração significativa com a implementação das actividades, no que respeita a esta característica.

Como resposta às questões de investigação previamente formuladas pode concluir-se o seguinte:

As perguntas orientadoras integradas na 2ª actividade de experimentação provocaram

uma pequena mudança na forma como os alunos concebem e realizam o trabalho experimental laboratorial, levando-os a incidir em pontos fulcrais do trabalho: aumentou o número de alunos que considera importante discutir o problema e a interpretação dos resultados/emissão de conclusões, em detrimento dos que consideram importante a discussão durante a realização laboratorial; em relação ao estudo do problema, aumentou o número de alunos que considera importante a discussão sobre a sua formulação, a definição dos objectivos do trabalho, a identificação dos conceitos associados ao problema e a planificação do trabalho. No entanto, em termos de construção de pensamento teórico e não superficial, não se constata grandes alterações: embora aumente o número de alunos que considera importante a discussão sistemática dos resultados, verifica-se que se mantém o número dos que consideram importante uma interpretação pessoal dos resultados (só 3 alunos !) e, como agravante, verifica-se que, o número dos alunos que indica a necessidade de discutir a conclusão se mantém superior ao dos que pretendem interpretar os resultados. Constata-se, ainda, que os alunos privilegiam a sua percepção dos fenómenos, dificilmente pondo em causa o que observam. Não há alteração significativa com a implementação das actividades, no que respeita a esta característica.

1.2. Síntese das Respostas Dadas apenas no 1º Questionário sobre o Relatório Escrito, previamente ao Desenvolvimento das Actividades de Experimentação

Comparando as respostas dadas pelos alunos às perguntas sobre a forma mais apropriada para descrever um trabalho experimental, surgem as seguintes conclusões:

? O relatório científico do trabalho experimental laboratorial é um produto final, extremamente complexo. Embora a maioria dos alunos considere o relatório como o registo mais fiel do trabalho experimental, apenas três alunos (em dezassete respostas) indicam o relatório como a construção verbal de conhecimento que mais os incentiva a reflectir sobre o tema em estudo e lhes permite uma melhor aprendizagem. Alguns alunos indicam a necessidade de um registo pessoal, que lhes permita encadear as ideias ou passos mais importantes e aprofundar o tema em estudo, sem a preocupação de seguir todas as etapas preconizadas num relatório.

? Os alunos consideram como mais fácil de descrever no relatório, o protocolo experimental. Como mais difícil as respostas variam do seguinte modo: 1) a conclusão sobre o trabalho, indicada por 8 alunos que apresentam justificações de vária ordem, para esse facto (por exemplo: o desconhecimento do objectivo ou da finalidade do trabalho, a não obtenção de resultados, a não interpretação dos resultados e a não compreensão global do trabalho); 2) as dificuldades na interpretação dos resultados são ainda indicadas por 4 alunos; 3) somente 2 alunos referem a introdução teórica como o mais difícil de descrever no relatório. Pode concluir-se que muitos alunos, previamente às actividades de experimentação, desenvolvem os seus trabalhos sem fazer um estudo correcto da situação problemática ou sem conseguir interpretar correctamente os seus resultados e a sua preocupação é chegar ao fim do trabalho *com as conclusões certas*, independentemente do processo experimental. A maioria dos alunos fundamenta o seu relatório no protocolo fornecidas, nos manuais escolares de TLBI e de CTV.

1.3. Síntese das Respostas Dadas, apenas no 2º Questionário, posteriormente às Actividades de Experimentação.

Os alunos referem que as perguntas orientadoras os auxiliaram: na realização / compreensão do trabalho, na compreensão do problema, na planificação do trabalho e na organização dos conhecimentos, orientando a sua reflexão sobre o trabalho. Alguns alunos referem, ainda, o apoio na elaboração do relatório, no que diz respeito à introdução teórica e à interpretação dos resultados.

Os alunos sentiram que as perguntas orientadoras os apoiaram na realização do trabalho fazendo-os incidir nos pontos fulcrais. Ora, esta é a primeira etapa da construção de conhecimento em trabalho experimental laboratorial. A grande complexidade do trabalho associada à falta de conhecimento e de experiência pessoal sobre o trabalho experimental laboratorial impediu modificações mais significativas.

2. Síntese sobre os Resultados Obtidos com as 1ª e 2ª Actividades de Experimentação, baseados nos Relatórios.

A análise dos relatórios dos 1º e 2º trabalhos veio revelar formas comuns de construção

de conhecimento em trabalho experimental laboratorial e de aplicação de modelos biológicos pelos alunos. No estudo dos relatórios são de ressaltar os processos desenvolvidos pelos alunos em duas etapas do trabalho: 1) no estudo da situação problemática e do procedimento experimental e 2) na interpretação de resultados e emissão de conclusões.

2.1. Interpretação ou Planificação do Protocolo Experimental

Na análise da construção de conhecimento destas etapas verifica-se que os alunos desenvolvem, sobretudo, os itens que são especialmente focados no protocolo fornecido. Desta forma:

- na 1ª actividade, prestam especial atenção à contextualização teórica, “esquecendo” a articulação desta com a parte experimental. Os alunos não interpretam a actividade, no que respeita à emissão de hipóteses de resolução do problema, à estratégia adoptada, e não discriminam as variáveis nem indicam os controlos da experiência. A referência a princípios da técnica empregue é feita, de uma forma muito incompleta, na secção de interpretação de resultados e não na métodos.
- na 2ª actividade verifica-se que a planificação absorve toda a sua atenção: os grupos definem o problema a resolver, as variáveis e o controlo, bem como a estratégia adoptada (muitas vezes, de forma pouco precisa). No entanto, a fundamentação teórica do trabalho é “esquecida” por quase todos os grupos.

Ou, seja, verifica-se que os alunos, ao desenvolver o seu trabalho incidindo na “parte teórica” ou na “parte prática”, de acordo com as orientações da ficha de actividades, “esquecem” as outras etapas do trabalho experimental laboratorial.

As perguntas orientadoras, inseridas na 2ª ficha, apoiaram os grupos na elaboração da planificação em relação: à formulação do problema, à determinação das variáveis e do controlo e à elaboração do protocolo experimental relativo aos tubos que simulam o estômago e a boca. As perguntas orientadoras não evitaram erros de planificação relacionados com as concepções prévias de neutralização e com a operacionalização de variáveis enzimáticas implícitas.

? Utilização da Concepção de Variável segundo um Modelo Biológico

A concepção de variável como um factor físico-químico do meio, repete-se ao longo

dos vários relatórios: os alunos citam sempre, como variáveis, a temperatura e o pH. Não associam o termo “factor variável” a alterações de propriedades da enzima em estudo, não referindo as enzimas quando o termo variável é utilizado. No 1º relatório verifica-se que os alunos, embora não explicitem as propriedades das enzimas como factores variáveis, estudam essa variação em função das condições físico-químicas do meio. O estudo de qualquer modelo biológico ou bioquímico, implica atender ao conjunto interligado de variáveis que determina a sua actuação. A determinação das diversas variáveis enzimáticas (implícitas) que podem condicionar o trabalho experimental laboratorial, não é feita, no primeiro relatório, por nenhum grupo, sendo apenas estudadas, experimentalmente, as variáveis explicitadas na ficha de actividade. No 2º relatório, há dois grupos que já atendem, na sua planificação, ao conjunto das variáveis que condicionam o processo.

Em suma:

Constata-se que os alunos desenvolvem o seu trabalho de acordo com a orientação impressa no protocolo. Dada a falta de conhecimento tácito (envolvendo a sua experiência pessoal) sobre o trabalho experimental laboratorial, têm dificuldade em atender aos aspectos (de natureza conceptual, metodológica ou epistemológica) não mencionados no protocolo. Estes aspectos são, portanto, “esquecidos”. As perguntas orientadoras, incorporadas no protocolo, podem “lembrar” etapas ou processos fundamentais da construção de conhecimento em trabalho experimental laboratorial. Esta orientação aplica-se melhor às grandes etapas do trabalho, podendo não ter sentido a sua aplicação a processos mais restritos de construção de conhecimento conceptual-processual. Como exemplos bem e mal sucedidos de perguntas orientadoras associadas à construção de conhecimento conceptual-processual são expostas as seguintes situações em relação à planificação:

- foi necessário, durante a planificação do protocolo, acrescentar às perguntas, previamente formuladas, outras perguntas que clarificassem e complementassem as anteriores. No seu conjunto, estas perguntas orientadoras permitiram que os alunos elaborassem melhor a sua planificação.
- As perguntas formuladas previamente não foram de encontro às dificuldades dos alunos, não identificadas pela professora, nos seguintes casos:

- No que respeita à identificação e caracterização das variáveis biológicas implicadas no trabalho.
- Relativamente à concepção prévia de neutralização, tendo alguns grupos de alunos planificado mal o “tubo neutro”.

Do exposto, pode concluir-se o seguinte:

Na ausência de orientações específicas, os alunos apresentam dificuldades de construção de conhecimento através da escrita, a dois níveis: em relação à selecção das etapas em que é fundamental a reflexão, discussão e registo de notas sobre o trabalho; em relação à aplicação do modelo biológico, pela selecção e operacionalização das variáveis envolvidas.

As perguntas formuladas, previamente, devem incidir, sobretudo, nas grandes etapas da construção de conhecimento em trabalho experimental laboratorial (contemplando os processos fulcrais desta construção), sendo complementadas na aula com uma indagação mais precisa (oral ou escrita), de acordo com as dúvidas, indecisões ou erros manifestados pelos alunos. Deste modo, atende-se quer ao formato próprio da construção de conhecimento em trabalho experimental laboratorial, quer às dificuldades individuais dos alunos.

A presente investigação põe em evidência lacunas em conhecimentos básicos sobre o modelo de seres vivos e sobre as características das variáveis biológicas: verifica-se que os alunos não conhecem as variáveis biológicas, nem as suas relações de interdependência, pelo que não as aplicam no estudo bioquímico do modelo sobre enzimas. Partindo do princípio de que as perguntas orientadoras “lembram” aos alunos os aspectos fulcrais da construção de conhecimento, estas podem e devem orientar a construção do modelo biológico, em curso, auxiliando o aluno a construir as relações existentes entre as variáveis do modelo, quer sejam explicitadas no protocolo quer estejam implícitas.

2.2. Interpretação dos Resultados/Emissão de Conclusões

O quadro apresenta uma síntese comparativa dos dados obtidos, a nível da interpretação de resultados / emissão de conclusões, nos relatórios sobre os dois trabalhos realizados sem o apoio de perguntas orientadoras e com o apoio destas perguntas.

2.2.1. Interpretação de Resultados e Emissão de Conclusões Realizada Sem o Apoio de Perguntas Orientadoras.

Verifica-se um padrão semelhante na interpretação de resultados e emissão de conclusões, descrita pelos grupos, nos 1º e 2º relatórios sobre os trabalhos experimentais (conforme apresentado no quadro 46) podendo, de acordo com as respostas, formar-se três conjuntos:

- ? O primeiro conjunto integra 2 grupos que não conseguiram interpretar os resultados segundo um modelo químico, não se pronunciando sobre a ocorrência de hidrólise em função da cor obtida nos testes de identificação.
- ? O segundo conjunto integra 6 grupos que interpretaram os resultados segundo um modelo químico, pronunciando-se sobre a ocorrência da hidrólise em função dos resultados dos testes da água iodada e do licor de Fehling. Trata-se de uma interpretação dos resultados obtidos nos testes, sem os associar ao problema proposto.
- ? O terceiro conjunto integra 4 grupos que interpretam, também, os resultados segundo um modelo bioquímico (um dos quais só parcialmente), justificando a ocorrência da hidrólise em função das condições do meio fornecidas aos catalisadores enzimático ou inorgânico. Só este conjunto interpreta os resultados à luz do problema proposto.

Pode concluir-se que, no que respeita aos erros cometidos na planificação ou execução do trabalho, nenhum grupo consegue interpretar os resultados errados ou perceber os erros cometidos (por comparação com os dados teóricos, inicialmente estudados).

2.2.2. Interpretação de Resultados/Emissão de Conclusões Feita, posteriormente, Com o Apoio de Perguntas Orientadoras

- ? O erro de planificação relacionado com a aplicação dos testes da água iodada e do licor de Fehling cometido por 4 grupos, tendo sido corrigido pelos 3 grupos que reflectiram sobre o tema com o apoio das perguntas orientadoras.
- ? Dois grupos não tinham interpretado os resultados à luz do problema proposto, nem emitido conclusões no relatório entregue. As perguntas orientadoras da interpretação dos resultados levaram a que esses grupos explicitassem os conhecimentos que

possuíam sobre o trabalho e que o fundamentassem. Desta forma, todos os 5 grupos que seguiram as perguntas orientadoras estabeleceram associações entre os resultados obtidos e o problema proposto, tendo 4 grupos elaborado algumas conclusões correctas sobre o problema em causa.

- ? O apoio das perguntas orientadoras permitiu efectuar correcções na técnica empregue por 2 grupos sem que, no entanto, os alunos conseguissem construir um conhecimento mais aprofundado. Um dos grupos não efectuou qualquer correcção escrita do seu trabalho anterior. Apenas um grupo utilizou as perguntas orientadoras para redefinir as variáveis implicadas no trabalho, de acordo com as características enzimáticas estudadas e reestruturar a um nível profundo os seus conhecimentos sobre a enzima. Desta forma, conseguiu corrigir o erro de planificação correspondente (erro – adicionar o ácido, depois da junção da saliva ao amido) embora esse erro tivesse sido cometido por 5 grupos, tendo reinterpretado parte dos seus resultados à luz do problema proposto, de uma forma correcta.

Ou seja: as perguntas orientadoras apoiaram todos os grupos, que as realizaram, na elaboração de pensamento superficial (permitiram a correcção de erros simples de aplicação dos testes e “lembraram” etapas do trabalho esquecidas). No que respeita à elaboração de pensamento teórico e não superficial, só um grupo formado por alunas capazes de desenvolver trabalho com um grau de complexidade elevado, pôde reestruturar os seus conhecimentos com o apoio das perguntas orientadoras.

Síntese comparativa dos itens referidos pelos grupos na discussão de resultados / emissão de conclusões nos 1º e 2º relatórios

Interpretação dos resultados obtidos e emissão de conclusões, apresentados nos relatórios das 1ª e 2ª actividades pelos grupos	a) 1ª Actividade - Relatório baseado na ficha tradicional, sem perguntas orientadoras.								b) 2ª Actividade – Relatório realizado sem o apoio de perguntas orientadoras da interpretação de resultados e da emissão de conclusões.								c) 2ª Actividade – Reinterpretação dos resultados e da emissão de conclusões, com o apoio de perguntas orientadoras, realizada após a interpretação anterior.							
Grupos	A	B	C	D	E	F	G	H	A	B	C	D	E	F	G?	H*	A	B	C	D	E	F	G?	H*
1 Apresentação dos resultados obtidos nos testes da água iodada e de Licor de Fehling pela indicação de cor.	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	☞	-
2 Referência à ocorrência ou ausência de hidrólise, de acordo com a cor dos testes.	x	x	x	x	x	x	-	-	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	☞	-
3 Interpretação dos resultados à luz do problema proposto - Justificação da ocorrência ou ausência de hidrólise em função das condições do meio (pH ou temperatura) fornecidas ao(s) catalisador(es).	x	x	-	-		x	-	-	x	x	-	-	x	x	-	-						☞	☞	-
4 Emissão de conclusões (com reinterpretação de resultados orientada por perguntas em c).	x	x	-	x	x☞	x	-	x	x	x	-	-	x	x	-	-	x	x	x	x	x	☞	☞	-

x Realizou bem emissão de conclusões (com reinterpretação de resultados em c).

x Interpretou bem os resultados dos testes da água iodada e do licor de Fehling.

☞ Não realizou as perguntas orientadoras sobre a interpretação de resultados

G? O grupo realizou os trabalhos atrasado, tendo copiado o trabalho por outros grupos; x☞ - Apenas se pronuncia sobre o tubo 6;

x Realizou, com incorrecções, a interpretação de resultados

- Não realizou o item referido.

H* Faltou à 2ª actividade

Quadro 46 – Síntese comparativa dos itens referidos na apresentação e interpretação dos resultados/ emissão de conclusões pelos grupos

3. Síntese das Respostas Dadas nas Duas Séries de Perguntas sobre o 2º TEL

Seguidamente são expostos os contributos fornecidos pelas duas séries de perguntas abertas visando conhecer a opinião dos alunos sobre o 2º trabalho experimental laboratorial.

3.1. Síntese das Respostas às Perguntas sobre as Dificuldades ou Facilidades na Planificação e Execução do 2º Trabalho

Dada a extrema exiguidade das respostas obtidas é difícil tirar qualquer conclusão sobre a primeira série de perguntas. No entanto, os grupos referiram ou demonstraram, durante a 2ª actividade, bastante dificuldade na determinação das variáveis e do controlo. Houve, também, alguma dificuldade na neutralização do pH de um dos tubos, tendo havido queixas de falta de tempo para desenvolver o trabalho.

3.2. Síntese das Respostas às Perguntas sobre a Avaliação do 2º Trabalho

As perguntas permitiram conhecer algumas reacções dos alunos ao 2º trabalho, interesses e gostos pessoais, enfatizando também algumas lacunas destes em relação aos seus conhecimentos sobre o trabalho experimental laboratorial.

3.2.1. Em Resposta ao que Mais e Menos Tinham Gostado no 2º Trabalho Podem Formar-se dois Grupos

Um grupo de alunos preferiu a autonomia, referindo a “liberdade de pensar” e “ser o grupo a planificar o trabalho todo” como o que mais tinha gostado; justificou o seu interesse através de exemplos dos processos e estratégias cognitivos realizados.

Um grupo de alunos elegeu a “facilidade de execução” e o gosto de manusear material de laboratório” como o que mais tinha gostado; sobre o que gostou menos, este grupo referiu dificuldades de vária ordem na execução dos trabalhos.

Os alunos do grupo que indicou o maior interesse pela planificação autónoma do trabalho demonstraram através de referências sistemáticas a processos cognitivos, sentir-se responsáveis pela sua aprendizagem. Constatou-se também um melhor aproveitamento deste último grupo, quando comparadas as médias dos dois grupos. O número de alunos dos dois grupos é equivalente, nesta turma, havendo alguns casos de alunos que, ou se inserem nos dois grupos ou não se insere em nenhum.

3.2.2. Em resposta à Forma como o Trabalho Escrito Pode Melhorar a Aprendizagem

Os alunos disseram o seguinte: o trabalho escrito ajuda a organizar os conhecimento adquiridos, a orientar a planificação do trabalho e a reflectir sobre o trabalho efectuado. Estas respostas referem alguns processos desenvolvidos, comumente, em trabalho experimental e estão de acordo com as mudanças induzidas pelas perguntas orientadoras que levaram os alunos a incidir a sua reflexão em etapas fundamentais do trabalho e a aliar alguns conhecimentos teóricos e práticos. Os alunos reconhecem que houve mudança de atitudes, sentindo que estruturaram melhor algumas etapas do trabalho experimental laboratorial e articularam melhor alguns conhecimentos teóricos e processuais, em relação à forma como elaboravam conhecimento, previamente à utilização de perguntas orientadoras.

No entanto, verificam-se enormes lacunas no procedimento dos alunos, fruto de uma não compreensão holística do trabalho, quer a nível da construção de conhecimento em trabalho experimental laboratorial, quer a nível da construção de modelos biológicos. Na maioria dos casos, as perguntas orientadoras permitiram apenas a construção de pensamento superficial, melhorando a concepção e utilização das técnicas químicas empregues ou desenvolvendo processos de construção de conhecimento desarticulados do todo. Apenas um pequeno grupo de duas alunas conseguiu, mercê das perguntas orientadoras, detectar um erro de natureza conceptual-processual e corrigi-lo.

Desta forma, as conclusões retiradas na presente investigação corroboram as hipóteses de trabalho inicialmente formuladas no que respeita ao desenvolvimento de etapas básicas do trabalho e à construção de pensamento superficial; não corroboram as hipótese de trabalho iniciais, no que respeita à construção de pensamento teórico, mais profundo, de uma forma geral.

4. Reflexões Finais

Do exposto levantam-se algumas interrogações:

- 1) Sobre o tipo de trabalho experimental realizado por estes alunos.

☞ Como é possível que, num 10º Ano de Escolaridade, alunos realizem trabalho

experimental laboratorial sem atender aos pontos fulcrais do trabalho ?

2) Sobre o modelo de ser vivo construído pelos alunos:

- ☞ Que concepção holística de ser vivo têm estes alunos ? O ser vivo será concebido como um sistema dinâmico em permanente interacção com o meio, mediada por vários parâmetros interligados ? Ou, pelo contrário, estará a ser construído um modelo de ser vivo que comporta apenas uma reacção (de cada vez!) ao meio, estudada de forma dissociada de todo o sistema ?
- ☞ Como podem os alunos desconhecer as variáveis biológicas ? Os alunos terão alguma vez trabalhado ou aplicado um modelo integral de ser vivo ?

3) Sobre o relatório como a tipologia de texto adequada ao registo do trabalho experimental laboratorial. Não será pedido aos alunos que *descrevam as suas certezas* sobre o trabalho sem que estes tenham aprendido a construir conhecimento conceptual-processual ?

- ☞ O relatório tradicional será a tipologia de texto mais adequada aos primeiros (?) registos sobre o trabalho experimental laboratorial ? Não poderá este formato ser substituído por uma construção escrita de conhecimento mais individualizada, elaborada de acordo com os conhecimentos e os estilos cognitivos dos alunos, em que a ênfase será posta nos processos desenvolvidos no trabalho? Será possível acentuar a necessidade da criatividade inerente à realização do trabalho experimental, mediante a propostas de esboços (provisórios), a realizar pelos alunos que interliguem as várias formas de elaboração de conhecimento conceptual-processual, acentuando os pontos fulcrais do trabalho ?

4) Sobre os momentos em que o ensino da construção verbal é realizado durante os TEL. Como é articulado o ensino da linguagem verbal escrita com os outros parâmetros do ensino experimental ?

- ☞ É provável que sejam estabelecidas as normas gerais para a elaboração de um relatório previamente à realização dos TEL e que, só no final de cada TEL seja pedido ao aluno que elabore o relatório. Durante a realização de um TEL, pode

acontecer que os alunos não sejam ensinados a elaborar registos, a discutir em termos de articulação teoria-prática e a elaborar sínteses, sobretudo escritas. Esta dissociação entre o ensino da utilização da linguagem (sobretudo escrita) em TEL e o ensino desenvolvido durante o TEL pode implicar que a articulação a nível das “ideias – acção – linguagem” não é ensinada e, provavelmente, não é realizada pela maioria dos alunos. O ensino da elaboração verbal, sobretudo escrita, poderá ser crucial para a compreensão /realização do TEL.

5) Sobre as mudanças induzidas pelas actividades de experimentação no tipo de conhecimento elaborado pelos alunos:

- ☞ Uma acção de ensino e aprendizagem sobre o trabalho experimental laboratorial apoiado por perguntas orientadoras, prolongada no tempo, permitiria aos alunos alterar a forma como concebem, constróem e falam sobre este tipo de trabalho, levando-os a incidir na elaboração de pensamento teórico, em detrimento do pensamento superficial ?

Avaliando o presente trabalho de investigação pode concluir-se que as actividades de experimentação propostas apresentaram um grau de complexidade inadequado para estes alunos, por obrigarem a um tratamento simultâneo de vários dados, a nível conceptual, metodológico e atitudinal. O excesso de dados pode ter condicionado a realização dos trabalhos experimentais e as aprendizagens dos alunos, levando a que estes desenvolvessem pensamento superficial sobre o tema e não (re)construíssem pensamento teórico (com algumas excepções).

No entanto, este trabalho de investigação vem evidenciar lacunas de conhecimentos básicos sobre a (re)construção de modelos biológicos em trabalho experimental. Estas lacunas são reveladas durante a análise dos resultados e suscitam interrogações acerca da forma como os alunos construíram conhecimento, quer em trabalho experimental, quer sobre modelos biológicos, anteriormente ao presente trabalho: a construção de pensamento teórico e não superficial, terá sido, alguma vez, desenvolvida por estes alunos nos contextos mencionados ? Como se poderia esperar que num 10º Ano fossem prosseguidas actividades de cariz experimental, com um grau de complexidade já elevado, (envolvendo o complexo conteúdo programático sobre enzimas e os conteúdos

processuais ou atitudinais adequados à respectiva construção de conhecimento), sem que, previamente, fosse (re)construído conhecimento sobre o mundo vivo, em actividades experimentais, mais simples ?

Desta forma, a ausência de conhecimentos e de experiência básicos sobre as áreas em estudo podem ter condicionado, de forma decisiva, a presente investigação.

5. Implicações Educacionais

Algumas implicações educacionais, decorrentes do presente trabalho de investigação são expostas seguidamente.

5.1. Necessidade de Desenvolver no Ensino Básico mais Trabalhos Experimentais Utilizando Modelos de Seres Vivos

De acordo com os dados obtidos, verificou-se que os alunos não sabem trabalhar experimentalmente com modelos biológicos. A possibilidade dos novos conhecimentos sobre enzimas, em construção, estarem a ser associados a um modelo químico já estruturado, em vez de se estar a construir um novo modelo bioquímico é muito real. Para além de estarem a construir um modelo de enzima que já é complexo, parece que os alunos estão a construir experimentalmente, o seu primeiro modelo biológico. Para além disso, verifica-se que os alunos realizaram, pela primeira vez, uma investigação.

Este trabalho de investigação vem evidenciar a necessidade de implementar actividades experimentais muito simples, no currículo das disciplinas de Ciências Naturais do Ensino Básico, visando:

- ? permitir que o aluno trabalhe experimentalmente com modelos biológicos e que explicita a interdependência das diversas variáveis (implícitas e explícitas) que podem condicionar a resolução do problema em estudo.
- ? aumentar o conhecimento tácito sobre a construção de conhecimento em trabalho experimental laboratorial: contribuir para que o aluno utilize processos e estratégias de natureza investigativa e ensiná-los progressivamente. Segundo Pro (1997) cada conteúdo procedimental apresenta distintos níveis de complexidade e, no entender deste autor “se queremos que os alunos aprendam um conteúdo procedimental

concreto, há que ensiná-lo de forma escalonada”. Será importante elaborar seqüências de etapas de uma tarefa, com níveis progressivamente mais elevados, de forma a que o aluno possa aprender um de cada vez. Esta forma escalonada permite aos alunos integrar, passo a passo, os novos conhecimentos processuais nas suas estruturas conceptuais-processuais (ou criar novas estruturas), inter-relacionando, simultaneamente, representações, acções e a linguagem, com o nível de ensino preconizado; evita, também as *interferências* referidos por Hodson (1994), devidas ao tratamento simultâneo de um número excessivo de processos.

5.2. Crítica à Implementação do Trabalho Experimental Laboratorial numa Perspectiva de Ensino por Investigação Dirigida

O Ensino por Investigação Dirigida acentua a metodologia de investigação no seu todo. O trabalho é desenvolvido de uma forma holística, enfatizando sobretudo a prática da ciência. É explicitada a seqüência de processos gerais a observar no desenvolvimento da tarefa o que permite aos alunos familiarizar-se com processos de construção de conhecimento científico. A aplicação de uma metodologia experimental com vista à resolução de problemas, devidamente orientada por perguntas modeladoras vai incidir nos “macro-processos” de construção de ciência (contextualização e formulação do problema, selecção da informação adequada, discriminação das variáveis envolvidas e das suas possíveis relações causais, selecção da metodologia adequada à resolução do problema e sua implementação, interpretação dos resultados e elaboração de conclusões). Os alunos são induzidos a desenvolver uma investigação, partindo do princípio de que as aprendizagens anteriores, que são pré-requisitos do trabalho de investigação, estão bem compreendidas e de que os alunos conseguem raciocinar sobre esses conceitos teóricos, a nível das suas aplicações práticas. Isto implica, para além da capacidade de operacionalizar os conceitos já aprendidos, que o aluno possua conhecimento tácito sobre o tema e que realize o seu trabalho de forma a poder elaborar conclusões sobre o mesmo. É necessário que os alunos sejam capazes de desenvolver competências cognitivas e metacognitivas sobre o tema, para que o possam aprender. Ora, este alto nível de elaboração cognitiva é precisamente uma das grandes finalidades

do ciclo de estudos secundários, pelo que deve ser considerado um produto final (do ciclo) e não um pré-requisito de qualquer actividade lectiva.

No presente trabalho de investigação pedia-se aos alunos que trabalhassem a nível conceptual-processual o novo conceito de biocatalisador em função da intersecção de dois conceitos básicos, supostamente bem conhecidos dos alunos:

- ? As enzimas são proteínas
- ? As enzimas são catalisadores

de forma trabalhar o tema explicitado – as enzimas são biocatalisadores de natureza proteica e, como tal apresentam as propriedades das proteínas, sendo a actividade catalítica condicionada pelas condições do meio (pH e temperatura) que condicionam as proteínas.

No entanto, o trabalho revelou-se muito difícil para os alunos. Os resultados da investigação revelam dificuldades dos alunos em trabalhar a nível conceptual-processual, tanto os seus conhecimentos anteriores como os novos conhecimentos em estudo.

5.3. Reabilitar os Trabalhos Práticos Ilustrativos na forma de “Investigações” Parciais, na Perspectiva do Ensino por Modelos

Os trabalhos práticos ilustrativos obrigam ao desenvolvimento de processos de construção de conhecimento pelos alunos, geralmente não explicitados, que incluem a formulação e a resolução de pequenos problemas associados à operacionalização do modelo ou conceito em estudo - observar é interpretar, de acordo com a teoria, envolvendo uma selecção de dados e a sua articulação. Assume-se no Ensino por Modelos que o objectivo dos trabalhos práticos é a aprendizagem de “pensamento científico, teórico e não superficial”, estreitamente vinculado à aprendizagem de factos, procedimentos e atitudes. O desenvolvimento dos trabalhos práticos ilustrativos segundo a perspectiva do Ensino por Modelos permite trabalhar os conteúdos a nível conceptual, processual e atitudinal, passo a passo, processo a processo, pela interacção desenvolvida entre as representações, as acções e a linguagem. Deste modo, o aluno pode estudar experimentalmente um conceito, sem necessidade de desenvolver metodologias de investigação muito complexas. O estudo experimental do modelo pode

fazer-se de uma forma exploratória para compreender ou definir as condições de operacionalização e para fazer previsões. Os dados teóricos terão que ser fornecidos pelo professor ou pelos manuais escolares (ou outras fontes de informação) e as perguntas orientadoras devem explicitar as interações possíveis entre as representações e as acções. Pretende-se tornar visível aquilo que para o professor é conhecimento tácito e que, muitas vezes, o aluno desconhece. As perguntas formuladas pelo professor para ajudar o aluno levarão forçosamente à construção de pequenas hipóteses teóricas de operacionalização do modelo pelos alunos. Estas, desde que fundamentadas, são sempre válidas porque permitem discutir o modelo elaborado pelos alunos e verificar da sua adequação à prática. O mesmo se passa com os resultados obtidos. O fundamental deixa de ser chegar aos resultados correctos, uma vez que estão incluídos no ponto de partida (a teoria) para ser a discussão sobre o que acontece e por que acontece, levando inevitavelmente a uma melhor compreensão e aplicabilidade dos conceitos.

? Um exemplo da Implementação de uma Actividade Ilustrativa segundo o Ensino por Modelos

O professor deve orientar o ensino de qualquer modelo sobre seres vivos, de forma a que o estudo incida sobre as características intrínsecas ao mundo biológico. Estas devem ser explicitadas verbalmente, quer pelo professor quer pelos alunos. Os alunos devem construir verbalmente as características do modelo biológico e explorar as interações possíveis entre o modelo teórico e o fenómeno em estudo. O questionamento (realizado pelo aluno e pelo professor) deve permitir explicitar e resolver diversos problemas, inerentes à construção e conhecimento. Em TLBI os problemas são, geralmente, do “tipo científico”, implicando a identificação e a compreensão das relações causais entre as variáveis. Como os seres vivos dependem de um conjunto de factores interligados, qualquer actividade prática pode apresentar problemas implícitos, dado que a alteração propositada de um factor pode implicar alterações do ser vivo em relação a outros factores, intrínsecos ou extrínsecos. Acresce, ainda, que as reacções dos seres vivos às variações dos factores não são lineares, podendo apresentar variações muito intensas para os valores limite ou para os valores óptimos e respostas quase idênticas, dentro de certos intervalos de valores. O mundo vivo desenvolve-se segundo uma orgânica própria, muito diferente da da química.

Ensinar a “ver” o mundo vivo através das actividades práticas implica, portanto, ensinar os alunos a olhar os fenómenos com atenção, a interrogar-se sobre as possíveis mudanças no ser vivo, de uma forma holística, atendendo, não só aos factores explicitados mas recorrendo ao modelo global em estudo. Na abordagem do tema é importante que o professor explicita as interrogações necessárias de forma a que o aluno compreenda que, perante o mundo vivo, “tem na sua frente uma caixa de surpresas” apelando ao aluno para que este utilize todas as suas capacidades, todos os seus conhecimentos e experiência na interpretação do fenómeno.

No presente trabalho, o modelo “ a enzima é um biocatalisador” deve ser desenvolvido atendendo a que se trata de uma molécula bioquímica com propriedades químicas e biológicas. Estas devem ser muito bem explicitadas teoricamente, pelo professor quanto ao seguinte: \Rightarrow a enzima catalisa reacções químicas, \Rightarrow a actividade da enzima é condicionada pelas condições de temperatura e de pH do meio, de forma semelhante ao que acontece com os seres vivos que se conhecem.

Previamente a qualquer realização prática, os alunos devem caracterizar o modelo:

- ? Deve ser feita uma análise de gráficos sobre a variação da velocidade catalítica de uma enzima com a temperatura e sua caracterização. Os alunos podem:
 - Definir os valores de temperatura que são limitantes da catálise enzimática
 - Caracterizar o comportamento da enzima para valores situados dentro dos limites;
 - Explicar a inactivação da enzima a baixas temperaturas;
 - Explicar a coagulação da enzima pelo calor;
 - Poderá, ainda, ser feita uma comparação do gráfico anterior com o gráfico da variação da velocidade catalítica de um catalisador inorgânico.
- ? Poderá ser explorada a relação existente entre a variação da velocidade de catálise enzimática e a variação do crescimento de seres vivos unicelulares com a temperatura. Os alunos podem fazer previsões sobre o que acontece aos seres vivos para diferentes temperaturas e justificar com os dados do gráfico.

Poderá concretizar-se um protocolo experimental (realizado pelo professor) aos alunos, muito simples, para que verifiquem experimentalmente a variação da velocidade

enzimática a diferentes temperaturas (por exemplo, 4°, 15°, 25°, 37°, 60 e 100° C - convém que os alunos testem a variação da catálise enzimática para diferentes temperaturas usuais no nosso ambiente, porque só se utiliza normalmente o valor de 37° C e muitos alunos supõem ser essa a única temperatura de actuação enzimática).

Os alunos só irão obter dois tipos de resultados (ocorrência ou ausência de hidrólise) o que permitirá desenvolver uma discussão sobre a velocidade enzimática a diferentes temperaturas e sobre as possibilidades de detecção da variação da velocidade enzimática no laboratório escolar. Pode acontecer, como no presente trabalho de investigação, que os alunos adicionem a saliva ao amido à temperatura ambiente, previamente à incubação à temperatura adequada, o que permitirá trabalhar o conceito de eficácia enzimática em condições óptimas de actuação.

6. Limitações desta Investigação

A presente investigação é um estudo de caso podendo, apenas, fornecer exemplos da forma como os alunos constróem conhecimento em actividade experimental laboratorial, em circunstâncias semelhantes às evidenciadas neste estudo. As suas limitações advêm das características da investigação e das condições em que foi efectuada:

6.1. Em relação aos Alunos

? reduzido número de alunos - A investigação foi aplicada apenas numa turma de alunos, do 10º Ano de escolaridade. As características dos alunos foram factores condicionantes dos resultados obtidos, tanto no que respeita aos alunos com muitas lacunas de conhecimentos básicos, como em relação aos alunos com grande facilidade em aprender. Não se podem, portanto, fazer generalizações em termos numéricos, quanto à proporção de alunos que realiza uma dada construção de conhecimento, mas apenas, concluir para as condições presentes.

6.2. Em relação às Actividades de Experimentação

? reduzido números de actividades de experimentação – a investigação limitou-se a

dois trabalhos experimentais, não se podendo concluir sobre a evolução dos alunos se a mesma investigação se tivesse prolongado ao longo do ano;

- ? complexidade das actividades de experimentação – os dois trabalhos experimentais apresentam um grau de complexidade elevado, correspondendo ao nível exigido para um ensino secundário (obrigam a uma interligação de variáveis de diferentes categorias, químicas e biológicas; implicam, ainda, que os alunos disponham de conhecimento tácito sobre modelos biológicos e sobre a actividade experimental). Os grupos de alunos reagem de diferentes modos ao grau de complexidade elevado das tarefas propostas o que é demonstrado pois que apenas um pequeno grupo executa as diversas etapas da tarefa.

6.3. Em relação à Professora e Investigadora do Presente Trabalho

O facto de a investigação ter sido desenvolvida pela professora dos alunos da turma pode ter influenciado:

- ? a atitude dos alunos, perante o trabalho proposto;
- ? a investigação realizada pela professora investigadora, dado o conhecimento anterior dos alunos.

6.4. Em relação aos Instrumentos Metodológicos

As perguntas 9 a 13 do 1º questionário foram eliminadas do 2º questionário e, em sua substituição foi feita uma nova pergunta. Durante o tratamento dos dados evidenciou-se uma limitação metodológica relativamente à falta das perguntas 9 a 13 no 2º questionário.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA¹³

ALVAREZ, A., DEL RÍO, P. (1996) – Educação e Desenvolvimento: a Teoria de Vygotsky e a Zona de Desenvolvimento Próximo, *in* Coll, Palacios, Marchesi (Ed.) *Desenvolvimento Psicológico e Educação, Psicologia da Educação*, vol.2, pp.79 – 104. Porto Alegre, Brasil: Ed. Artes Médicas.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D., HANESIAN, H. (1983) – *Psicología Educativa*, un Punto de Vista Cognoscitivo. México: Trillas.

BARBERÁ, O., VALDÉS P. (1996) – El Trabajo Práctico en la Enseñanza de las Ciencias: Una Revisión, *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), pp.365 – 379.

BOGDAN, R., BIKLEN, S., (1994) – *Investigação Qualitativa em Educação*, Coleção Ciências da Educação, nº 12. Porto: Porto Editora.

CABALLER, M. J., OÑORBE, A., (1997) – Resolución de Problemas y Actividades de Laboratorio, *in* Luis del Carmen (coord.) “La Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza en la Educación Secundaria”, pp. 107 – 130, *Cuadernos de Formación del Profesorado, Educación Secundaria*, nº 9, Ed. Barcelona: ICE / Horsori, Universitat de Barcelona.

CACHAPUZ A., PRAIA, J.F., JORGE, M., (2000) – Perspectivas de Ensino, *Formação de Professores – Ciências, Textos de Apoio nº1*, pp.1 – 79. Porto: Centro de Estudos de Educação em Ciência.

CAMPOS, L. S., (1998) – *Entender a Bioquímica*. Lisboa: Escolar Editora.

DES (2000) – *Revisão Curricular no Ensino Secundário. Cursos Gerais e Cursos Tecnológicos*. Lisboa: Departamento do Ensino Secundário, Ministério da Educação.

FERREIRA, F.A.G., (1994) – *Nutrição Humana*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa:

¹³ Nota: a bibliografia apresentada corresponde à que é referenciada nesta investigação. Optou-se por não se indicar a bibliografia de apoio.

2ª edição.

GALVÃO, C., (COORD.), OLIVEIRA, M. T., NEVES, A., FREIRE, A. M., LOPES, A. M., SANTOS, M. C., VILELA, M. C., PEREIRA, M. (2001) – *Ensino Básico: Ciências Físicas e Naturais – Orientações Curriculares para o 3º Ciclo do Ensino Básico*. Lisboa: Departamento do Ensino Básico.

GANGOSO, Z. (2000) – *Investigaciones en Resolución de Problemas en Ciencias, Texto de Apoyo nº 3* pp. 83-133, in Actas, I Escuela de Verano sobre Investigación en Enseñanza de las Ciencias, del Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias, Moreira, M. A., Sahelices, C. C., Villagrà, J. M. (org.). Burgos: Universidad de Burgos.

GARCÍA BARROS, S., (2000) – ¿Qué Hacemos Habitualmente en las Actividades Prácticas? Como Podemos Mejorarlas?, in Sequeira, Dourado, Vilaça et al. (Ed.) *Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências*, pp. 43 – 61. Braga: Departamento de Metodologias da Educação, Instituto de Educação e Psicologia, Universidade do Minho.

GARCÍA MADRUGA, J., (1996) – Aprendizagem por Descoberta frente à Aprendizagem pela Recepção: a Teoria da Aprendizagem Verbal Significativa, in Coll, Palacios, Marchesi (Ed.) *Desenvolvimento Psicológico e Educação, Psicologia da Educação*, vol.2, pp.68 – 78. Porto Alegre, Brasil: Ed. Artes Médicas.

GIL, D., (1993) – Contribución de la Historia y de la Filosofia de las Ciencias al Desarrollo de un Modelo de Enseñanza / Aprendizaje como Investigación, *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), pp. 197 – 212.

GIL, D., FURIÓ C., VALDÉS, P., SALINAS, J., MARTÍNEZ-TORREGOSA, J., GUIÁSOLA, J., GONZÁLEZ, E., DUMAS-CARRÉ, A., GOFFARD, M., PESSOA DE CARVALHO, A., (1999) – ¿Tiene Sentido Seguir Distinguiendo entre Aprendizaje de Conceptos, Resolución de Problemas de Lápiz y Papel y Realización de Prácticas de Laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17, (12), pp.311 – 320.

GONÇALVES, O., FERREIRA-ALVES, J., (1995) – Desafios do Professor numa Escola Pós-

Moderna: a Construção Narrativa da Existência, *Colóquio, Educação e Sociedade*, nº10, pp.137 – 151.

GONÇALVES, O., (1996) – *Em Mortalidades*. Profedições.

GRAU, RAMÓN (1994) – ¿Qué Es lo Que Hace Difícil una Investigación? *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, nº2, pp. 27 – 35.

HODSON, D. (1994) – Hacia un Enfoque Más Crítico del Trabajo de Laboratorio, *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), pp.299 – 313.

IZQUIERDO, M., SANMARTÍ, N., ESPINET, M., (1999) – Fundamentación y Diseño de las Prácticas Escolares de las Ciencias Experimentales, *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), pp.45 – 59.

IZQUIERDO, M., (2000) – Hablar y Escribir para Aprender, Reflexiones sobre la Didáctica de las Ciencias Experimentales, in Martín Sánchez y Morcillo Ortega (Ed.) *Actas de los XIX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp.17 – 29. Madrid: Universidad Complutense.

KEYS, C. W., HAND, B., PRAIN, V., COLLINS, S., (1999) – Using the Writing Heuristic as a Tool for Learning from Laboratory Investigations in Secondary Science, *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 36, nº 10, pp. 1065 – 1084.

LEMKE, J. L., (1997) – *Aprender a Hablar Ciencia*. Barcelona: Paidós.

MARQUES, E., SOARES, R. ALMEIDA, C., (1999) – *Técnicas Laboratoriais de Biologia, Bloco I*. Porto: Porto Editora.

ME (1992) – *Programa de Técnicas Laboratoriais de Biologia Bloco I*, Gabinete de Educação Tecnológica, Artística e Profissional, 1ª versão.

MIGUÉNS, M., (1991) – Actividades Práticas na Educação em Ciência: Que Modalidades?, *Aprender*, (14), pp. 39 – 44.

MILLAR, R., DRIVER, R., (1987) – Beyond Processes, *Studies in Science Education*, 14, pp. 33-62.

NOVAK, J. D., GOWIN, D. B. (1984) – *Learning How to Learn*. Cambridge: Cambridge University Press.

OLIVEIRA, M. T., (1997) – *A Metáfora, a Analogia e a Construção de conhecimento científico no Ensino e na Aprendizagem: uma Abordagem Didáctica*. Lisboa: Dissertação de Doutoramento, Universidade Nova de Lisboa.

PARDAL, L., CORREIA, E., (1995) – *Métodos e Técnicas de Investigação Social*. Porto: Areal Editores.

POZO, J. I., GÓMEZ CRESPO, M. A. (2000) – *Aprender y Enseñar Ciencia*. Madrid: Ed. Morata, 2ª edição (reimpressão).

PRAIA, JOÃO FÉLIX, (s/d) – O Trabalho Laboratorial no Ensino das Ciências: Contributos para uma Reflexão de Referência Epistemológica. Porto: *Documento Interno do Centro de Geologia*, Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

PRO, A. (1997) – ¿Cómo Pueden Secuenciarse Contenidos Procedimentales?, *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, nº 14, pp. 49 – 59.

PRO, A. (1998) – ¿Se Pueden Enseñar Contenidos Procedimentales en las Clases de Ciencias?, *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), 21 – 41.

ROBERTIS, E. P., ROBERTIS E.M., (1996) – *Biologia Celular e Molecular*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian,

ROVIRA, G., SANMARTÍ, N. (1998) – Las Bases de Orientación: un Instrumento para Enseñar a Pensar Teóricamente en Biología, *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, nº16, pp. 8-20.

SILVA, A., GRAMAXO, F., SANTOS, M. E., MESQUITA, A. F., (1999) – *Ciências da Terra e da Vida: Terra, Universo de Vida, 10º Ano*, Porto Editora.

STORER, T.I., USINGER, R.L., STEBBINS, R.C., NYBAKKEN, J.W., (1986) – *Zoologia*

Geral. Brasil: Companhia Editora Nacional, 6ª edição.

SUTTON, C., (1997) – Ideas sobre la Ciencia y Ideas sobre el Lenguaje, *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, nº 12, pp. 8 – 32.

WELLINGTON, J.J., (1988) – The Place of Process in Physics Education, *Physics Education*, 23, pp. 150-155.

ANEXO 1

PLANIFICAÇÃO DA UNIDADE ENZIMAS

PLANIFICAÇÃO DA UNIDADE 3 – ENZIMAS

A planificação fundamenta-se no Documento de Proposta de Organização Curricular para as Técnicas Laboratoriais de Biologia, apresentado pelo GETAP, Ministério da Educação.¹

1. Objectivos gerais da unidade

Com a planificação das actividades sobre enzimas pretende-se criar um espaço que permita ao aluno desenvolver conhecimentos e competências sobre o tema em estudo. As grandes finalidades a atingir pelo aluno durante a leccionação da unidade 3 ENZIMAS, conjuntamente com a aquisição de conhecimentos específicos da unidade, são as seguintes:

- ▶ Desenvolver a capacidade de testar ideias, planear e realizar experiências, controlar variáveis e interpretar informação, com criatividade.
- ▶ Familiarizar-se com a aplicação de uma metodologia experimental investigadora, de modo a possibilitar uma compreensão real das questões consideradas.
- ▶ Desenvolver capacidades de reflexão crítica sobre a elaboração do trabalho e de avaliação do mesmo.
- ▶ Desenvolver atitudes de empenhamento na tarefa, de responsabilização pela construção do seu conhecimento e de partilha com os outros.
- ▶ Desenvolver capacidades de comunicação através do texto verbal escrito e oral.
- ▶ Construir conhecimento, em grupo, com alguma autonomia.

2. Objectivos Específicos

São os objectivos referentes à unidade de ensino / aprendizagem 3 – ENZIMAS, explicitados no programa. Deverão ser atingidos com a leccionação dos seguintes

¹ Ministério da Educação, GETAP, “ Técnicas Laboratoriais de Biologia – Organização Curricular”, Cursos Predominantemente Orientados para o Prosseguimento de Estudos – Componente de Formação Técnica, 1ª Versão, Março de 1992.

conteúdos:

- Constituição das enzimas
- Interacção enzima-substrato
- Actividade enzimática
- Factores que influenciam a actividade enzimática.

Os objectivos específicos são especialmente visados nas seguintes aulas:

- ▶ Compreender a importância biológica das enzimas – todas as aulas.
- ▶ Relacionar a especificidade enzimática com as características estruturais dos seus centros activos – 2ª aula.
- ▶ Interpretar modelos de interacção enzima substrato – 2ª aula e 11ª aulas.
- ▶ Planear experiências sobre a actividade enzimática – 8ª aula
- ▶ Executar protocolos experimentais, relativos à actividade enzimática – 4ª, 5ª e 9ª aulas.
- ▶ Relacionar a actividade enzimática com as condições do meio – todas as aulas
- ▶ Interpretar resultados experimentais – 6ª e 10ª aulas
- ▶ Conhecer algumas propriedades das enzimas – todas as aulas.

Conteúdos que são pré-requisitos para o estudo das enzimas

Os conteúdos seguintes são pré-requisitos para o estudo das enzimas, tendo sido previamente abordados, a nível conceptual-processual,:

- Reacções químicas de hidrólise e de condensação - foram abordadas teoricamente, tendo sido realizada, experimentalmente, a hidrólise da sacarose pelo ácido clorídrico.
- Noção de proteína. A desnaturação reversível e irreversível das proteínas foi abordada experimentalmente, fazendo alterar as seguintes condições do meio:
 - temperatura, com inactivação da proteína pelo frio e coagulação pelo calor;
 - pH, com precipitação por ácidos e bases fortes;
 - concentração de sais minerais, fazendo variar a concentração de cloreto de sódio numa solução aquosa (com valores de permilagem de cloreto de sódio próximos do soro fisiológico) contendo ovoalbumina e observando a formação (reversível dentro de certos limites) de pequenos fiapos brancos de ovoalbumina desnaturada.

PLANIFICAÇÃO DAS ACTIVIDADES

<p>1ª aula (1 hora)</p>	<p>Introdução ao tema – leitura dos textos e debate sobre o papel das enzimas. Utilizando os manuais adoptados de CTV e de TLBI abordar os conceitos seguintes, que são pré-requisitos ao estudo das enzimas: reacção química, energia de activação e função do catalisador no que respeita à energia de activação; noção de balanço energético de uma reacção química, de reacção exoenergética e endoenergética; distinção entre energia de activação e reacção exoenergética.</p> <p>Será dado início ao estudo sobre as reacções químicas nos organismos vivos com a noção de enzima, de metabolismo, anabolismo e catabolismo. Serão ainda abordados os conceitos de vias metabólicas e de cadeias enzimáticas com apresentação de alguns exemplos.</p>
<p>2ª aula (1 hora)</p>	<p>Continuação do estudo efectuado com o apoio dos manuais adoptados de CTV e de TLBI sobre as reacções químicas nos organismos vivos. Serão abordados os conceitos de: holoenzima, apoenzima e cofactor; de ligação da enzima ao seu substrato por referência a modelos de interacção enzima-substrato (modelo chave-fechadura e modelo de encaixe induzido), relacionando-os com a especificidade do centro activo. A regulação da actividade enzimática por moduladores, activadores ou inibidores, bem como o tipo de inibição serão ainda tratados nesta aula.</p>
<p>3ª aula (1 hora)</p>	<p>UTILIZAÇÃO DA FICHA DO 1º TRABALHO EXPERIMENTAL LABORATORIAL</p> <p>Introdução à ficha de trabalho nº 1, com o desenvolvimento do ponto I - Depois de responder às perguntas do ponto I, o grupo deve elaborar um resumo a explicitar as principais ideias sobre enzimas ou fazê-lo através de um mapa de conceitos.</p>

4ª aula 5ª aula (2horas)	Execução do 1º trabalho experimental com a realização do ponto II da correspondente ficha de actividades . Será entregue a folha contendo o ponto III, apresentando um quadro para preencher pelos alunos, de apoio ao registo de dados.
6ª aula (1 hora)	Discussão do 1º trabalho experimental efectuado, prévia à elaboração do relatório. Este, deverá ser entregue pelos grupos, se for possível, 1 dia antes da aula seguinte.
7ª aula (1hora)	Entrega aos grupos do 1º resumo sobre enzimas e do relatório, já corrigidos. Nesta aula serão debatidos os pontos III (já anteriormente realizados pelo alunos) e IV - este ponto contém perguntas para orientar os alunos, na sua reflexão sobre o trabalho efectuado (incluindo o respectivo relatório) e será fornecido nessa hora. Realização do ponto V – será pedida aos alunos a elaboração de um resumo ou mapa de conceitos sobre tudo o que aprenderam sobre enzimas, a realizar, primeiro pelo grupo, e depois alargando o debate a todos os grupos intervenientes.
8ª aula (1hora)	UTILIZAÇÃO DA FICHA DO 2º TRABALHO EXPERIMENTAL LABORATORIAL Realização do ponto I - Planificação, pelo grupo, de um protocolo experimental, de acordo com as orientações fornecidas.
9ª aula (1hora)	Realização do ponto II - Execução do protocolo experimental planificado pelo grupo. Será entregue a folha contendo o ponto III – apresentando um quadro para preencher, referente ao registo dos dados a obter no trabalho.
10ª aula (1hora)	Debate sobre o trabalho realizado na aula anterior, com interpretação e discussão dos resultados, pelo grupo. Nesta aula serão debatidos os pontos III (referente aos resultados obtidos pelos alunos) e IV - este ponto contém perguntas para orientar os alunos, na sua reflexão sobre o trabalho, e será fornecido nessa hora. Será pedida a cada grupo a realização do relatório da 2º trabalho

	experimental laboratorial.
11ª aula (1hora)	Realização de problemas que envolvam a interpretação de gráficos e tabelas sobre a variação da actividade enzimática com alteração do pH, da temperatura, da concentração da enzima e do substrato, com o apoio do manual adoptado de TLBI e de CTV.
12ª aula (1hora)	Realização de uma Ficha de Avaliação sobre enzimas
13ª aula (1 hora)	Realização da Prova de Avaliação Global contendo um exercício sobre enzimas.

ANEXO 2

FICHAS DE ACTIVIDADES

PROPOSTAS AOS ALUNOS

FICHA DE ACTIVIDADES DE INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS ENZIMAS

O que são enzimas ? Qual a função que exercem no nosso organismo ? O seu conhecimento tem aplicação prática ?

A – Alguns exemplos da utilização comercial das enzimas são referidos nos textos seguintes.

? As enzimas têm sido utilizadas no fabrico de alimentos, como por exemplo, o queijo, o iogurte:

- No caso do queijo, é adicionado ao leite uma enzima – a renina (uma casease, contida no estômago dos animais jovens), que faz coagular o leite. A coagulação também se pode fazer juntando cardo ao leite. A massa de coalho resultante é depois comprimida e sujeita a vários tratamentos para dar origem aos diversos tipos de queijo. Os seres humanos que bebem leite também têm casease no estômago. Quando ingerem leite, este coagula quando chega ao estômago, devido à presença da enzima e à acidez do meio.

1. Quais são os nutrientes do leite que coagulam ?
2. Indique a(s) causa(s) da coagulação do leite.

? O iogurte obtém-se de leite de vaca por fermentação láctica (série de reacções químicas que degrada a glicose em ácido láctico, permitindo a obtenção de energia) realizada por *Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus termophilus*. O leite coagula devido ao ácido láctico formado no processo. A temperatura ideal para realizar a fermentação é de 42° C. (adaptado de Ferreira, F.A.G., 1994, pp 779-781).

1. Durante o fabrico do iogurte, quais são os nutrientes que coagulam ?
2. A que se deve a coagulação ?
3. *Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus termophilus* obtêm energia para viver a partir da fermentação da glicose. Qual é o nutriente do leite que poderá ser utilizado pelas bactérias para obterem a glicose ?
4. Explique o interesse da manutenção da temperatura a 42° C (para que serve esta temperatura tão elevada durante o fabrico do iogurte) ?
5. O que acontece às bactérias durante o fabrico do iogurte

"A energia de activação requerida para iniciar um processo químico pode ser fornecida através de uma elevação de temperatura que aumente a agitação molecular.

Nos seres vivos, porém a temperatura dos sistemas não pode ultrapassar os valores compatíveis com a vida dos organismos. É então que intervêm os catalisadores bioquímicos – as enzimas, cuja função é baixar a energia de activação necessária à reacção e permitir que esta decorra a velocidade muito mais elevada." (Campos, L.S.,1998, p. 146).

"As enzimas são proteínas, geralmente solúveis em água. A maioria das enzimas não se difunde através das membranas semi-permeáveis, sendo retida nos locais onde a sua acção é necessária. As enzimas são catalisadores biológicos, intervindo em reacções químicas sem se gastarem.

? Numa célula podem dar-se reacções químicas muito diferentes ao mesmo tempo. Apoiando-se nos textos referidos explique porquê.

FICHA SOBRE O 1º TRABALHO EXPERIMENTAL LABORATORIAL: UM ESTUDO COMPARADO DA ACTIVIDADE CATALÍTICA DA AMILASE SALIVAR E DE UM CATALISADOR INORGÂNICO, PARA DIFERENTES TEMPERATURAS.

Objectivo da Ficha

Com esta ficha pretende-se que seja compreendida a importância biológica das enzimas como catalisadores das reacções químicas que ocorrem nos seres vivos.

O trabalho experimental permite comparar a acção catalítica de um catalisador inorgânico – ácido clorídrico, e de uma enzima – a amilase salivar, no que se refere à energia requerida para desencadear a reacção química da hidrólise do amido (energia de activação).

I - Introdução

No seu 8º ano estudou o processo da digestão, que é catalisado por enzimas. Muitas reacções químicas ocorridas durante a digestão dos alimentos são hidrólises. É por este processo que se vai dando o desdobramento de moléculas (de nutrientes) mais complexas em moléculas mais simples, ao longo do tubo digestivo. Por exemplo, diversas proteases vão hidrolisando os prótidos no estômago e no intestino delgado. Recentemente, numa aula de TLBI realizou a hidrólise da sacarose catalisada pelo ácido clorídrico diluído. Para que esta reacção se desse, foi necessário levar à ebulição (100º C) a solução aquosa de sacarose com algumas gotas de ácido clorídrico. A hidrólise da sacarose realiza-se, no intestino humano, a 37º e é catalisada pela enzima sacarase.

- 1.1. Poder-se-á comparar a catálise enzimática com a catálise inorgânica de uma reacção química, em ambiente laboratorial ?
- 1.2. Em que condições se pode verificar experimentalmente a actuação enzimática ?
- 1.3. Elabore um resumo a explicitar as suas principais ideias sobre enzimas ou faça-o através de um mapa de conceitos.

II- Procedimento Experimental

Material

16 tubos de ensaio resistentes à chama, 1 suporte de tubos de ensaio, 1 lamparina de álcool, 1 pinça de madeira, fósforos, saliva, ácido clorídrico concentrado, solução saturada de bicarbonato de sódio, solução de cozimento de amido concentrada, 1 caneta de acetatos, 1 banho-maria, um recipiente com gelo, 1 pipeta graduada de 10 ml e correspondente propipeta, 6 pipetas Pasteur, água iodada, licor de Fehling e papel indicador de pH.

Métodos

a) A cada um dos 8 tubos de ensaio contendo 6 ml de cozimento de amido, adicionar o seguinte:

tubo 1. *1 ml de ácido clorídrico concentrado	tubo 4. *1 ml de ácido clorídrico concentrado
tubo 2. *1 ml de saliva;	tubo 5. *1 ml de saliva.
tubo 3. *1 ml de água destilada	tubo 6. *1 ml de saliva fervida.
	tubo 7. *1 ml de água destilada.
b) Seguidamente, incubar os tubos nº 1, 2 e 3 a cerca de 40° C, em banho-maria, durante 5 min.	b) Seguidamente, levar à ebulição os tubos nº 4, 5, 6 e 7 durante 5 minutos.
* - cerca de 1 ml – as quantidades são aproximadas	
tubo 8. *1 ml de saliva.	
c) o cozimento de amido deve estar previamente a 4° C e depois de adicionar a saliva colocar o tubo num recipiente com gelo por forma a incubar a mistura a 4° ou 5° C.	
d) Neutralizar a acção do ácido clorídrico nos tubos nº1 e nº 4 com 1 ml de hidróxido de sódio concentrado e acabar a neutralização com bicarbonato de sódio. Verificar se o pH é igual a 7 com o papel indicador de pH. Se for necessário, adicionar mais bicarbonato de sódio, para neutralizar o pH.	
e) Testar a realização da hidrólise pela água iodada e pelo licor de Fehling em todos os tubos e anotar os resultados.	

Nota: \approx o bicarbonato de sódio forma em meio aquoso, uma solução tampão, cujo pH é sensivelmente igual a 9. Uma solução tampão tem a propriedade de resistir à variação de pH quando lhe é adicionada uma quantidade moderada de um ácido ou de uma base forte.

\approx o pH da saliva situa-se entre 6,35 e 6,85 (Lenhinger, 1972, p.47).

III– Interpretação pelo Grupo de Alunos do Trabalho Realizado

1.1. Preencha o quadro indicando, para cada tubo, a sequência de reagentes utilizada e os resultados obtidos.

Cozimento de amido	1 ml de HCl conc.	1 ml de saliva	1 ml de saliva fervida	1 ml de água destilada	Energia fornecida	Neutralização do pH com 1 ml de NaOH e de NaHCO ₃	Resultados do Teste		Resultados obtidos sobre a hidrólise do amido
							Água iodada	Licor de Fehling	
tubo 1					incubação a 40° C 5 min.				
tubo 2									
tubo 3									
tubo 4					Levar à ebulição 100°C 5 min.				
tubo 5									
tubo 6									
tubo 7									
tubo 8					Incubar a 4°- 5°C				

1.2. Indique, para cada tubo, os resultados que obteve, interprete-os e mencione qualquer dado que considere significativo.

- (1)
- (2)
- (3)
- (4)
- (5)
- (6)
- (7)
- (8)

1.3. O grupo deve elaborar o relatório do trabalho efectuado.

IV – Discussão Posterior à Entrega do Relatório

Os alunos devem ter na sua posse: o resumo inicial, o relatório e o quadro que tinham preenchido anteriormente. Durante esta aula devem ser discutidos os trabalhos anteriores e esclarecidas dúvidas sobre os mesmos.

V – Aplicação dos Conhecimentos Adquiridos sobre as Enzimas e a Temperatura

Leia com atenção os dois textos A e B e responda, seguidamente, às perguntas formuladas.

A – "As enzimas são, geralmente, mais activas entre 20° C e 40° C de temperatura e perdem o poder catalítico quando aquecidas a 50-60° C ou mais. Esta é a razão por que a maioria dos animais morre a estas temperaturas. A inactividade dos animais de sangue frio no inverno, deve-se presumivelmente, ao facto de as suas enzimas não funcionarem suficientemente nas temperaturas mais baixas " (Storer, T.I., Usinger, R.L., et al.,1986, p. 26).

B – Como já sabe (manual de CTV p. 271), as vias metabólicas são realizadas por sequências de reacções químicas. Estas sequências resultam do encadeamento das reacções químicas catalisadas pelas enzimas, de tal forma que o produto final da 1ª reacção química vai ser o substrato da 2ª reacção química e assim por diante. (Um exemplo que já estudou é o da digestão do amido em que, através de hidrólises de moléculas progressivamente mais pequenas, este é degradado em glicose).

1.1. Explique a parte sublinhada das seguintes frases:

- Os alimentos devem ser conservados no frigorífico para evitar o desenvolvimento de microrganismos.
- Quanto maior for a temperatura a que é mantida a água de uma piscina, maior vai ser a quantidade de desinfectante necessária para manter a água em boas condições de salubridade.

VI – Resumo Final sobre o Trabalho Efectuado

O grupo deve elaborar um pequeno resumo que descreva: o que aprenderam; o que gostaram mais; as dificuldades / facilidades sentidas na elaboração do relatório. Este resumo será exposto e debatido entre os grupos.

**FICHA SOBRE O 2º TRABALHO EXPERIMENTAL LABORATORIAL:
PLANIFICAÇÃO E EXECUÇÃO, PELOS ALUNOS, DE UM PROTOCOLO
EXPERIMENTAL, VISANDO INVESTIGAR A ACÇÃO DA AMILASE
SALIVAR SOBRE O AMIDO, NO ESTÔMAGO.**

Objectivo

Realizar e executar um protocolo experimental visando demonstrar a actuação da amilase salivar no estômago.

Os alunos podem consultar as fichas anteriores e os manuais escolares ou outros livros de apoio, mas só podem dialogar com o seu grupo.

I –Planificação da Actividade Experimental

Em grupo, os alunos deverão discutir a planificação da actividade experimental visando demonstrar a acção da amilase salivar sobre o amido, no estômago. Para isso devem:

- 1.1. Definir o problema em causa: que problema se investiga ? Será possível prever alguma resposta para o problema ?
- 1.2. Determinar as variáveis em estudo: Qual é, ou são, as suas variáveis ? Que factores modifica durante a sua experiência ?
- 1.3. Planificar o protocolo experimental a utilizar. A sequência de reagentes utilizada e as condições da sua utilização devem ser registadas no Quadro I.
 - Descreva as condições necessárias à realização da experiência.
 - Será possível, a partir da hipótese, fazer alguma dedução que facilite a experiência ?
 - Que controle usará durante a sua experiência ? O que é que o controle que eu faço me permite comparar ?
- 1.4. Indicar o material de que necessitam para o efeito. Deverão apresentar à professora a lista de material a utilizar e esta providenciará o que for preciso.
- 1.5. Fazer uma pequena introdução teórica que fundamente ou contextualize a sua planificação.

II – Execução do Protocolo Experimental

- 1.1. Cada grupo deve realizar o procedimento experimental de acordo com a planificação efectuada e registar os seus resultados no Quadro I.

III – Interpretação do Trabalho Realizado

- 1.1. Os resultados obtidos (e referidos no Quadro I) serão objecto de uma discussão e apreciação crítica por parte dos alunos, com vista à obtenção de conclusões.
- 1.2. Seguidamente, o grupo deve fazer um pequeno relatório sobre o trabalho efectuado.

IV - Discussão Posterior à Entrega do Relatório

Estas perguntas, elaboradas para orientar a reflexão sobre o trabalho realizado, devem ser respondidas por escrito.

1. Elaboração do protocolo experimental

- 1.1. Quais são os valores de pH e de temperatura ideais para a actuação da amilase salivar ?
- 1.2. Quais são os valores de pH e de temperatura existentes no suco gástrico do estômago ?
- 1.3. Que resultados espera, teoricamente, obter ? Justifique.
- 1.4. Que controle(s) utilizaria para esta experiência ?

2. Execução do protocolo experimental

- 2.1. Como procederia experimentalmente para simular a actuação da amilase salivar misturada com o suco gástrico sobre o amido ?
- 2.2. Que testes deveria realizar para saber se foi ou não efectuada a hidrólise do amido ?
- 2.3. Que condições do meio (pH e temperatura) se devem verificar para se poderem efectuar os testes referidos ?
- 2.4. Como deveria proceder para que as condições de pH e de temperatura fossem adequadas aos testes ?

3. Interpretação do trabalho realizado

- 3.1. Os resultados do seu trabalho estão de acordo com os esperados teoricamente ?

- 3.2. Se não estiverem de acordo, pode haver erros no trabalho (tanto na concepção como na execução do mesmo). Em que etapas do trabalho poderá ter havido falhas ?
- 3.3. Para evitar os erros referidos, qual seria o procedimento adequado ?
- 3.4. Que conclusões pode tirar do seu trabalho experimental ?

I – Planificação da Actividade Experimental pelo Grupo de Alunos

Os grupos devem:

1.1. Definir o problema em causa-----

1.2. Determinar as variáveis em estudo-----

1.3. Planificar o protocolo experimental a utilizar-----

1.4. Indicar o material de que necessitam para o efeito:-----

1.5. Fazer uma pequena introdução teórica que fundamente ou contextualize a sua planificação.

II – Execução do Protocolo Experimental

1.2. Cada grupo deve realizar o procedimento experimental e registar os resultados no quadro I.

III – Interpretação do Trabalho Realizado

1.1. Preencha o quadro indicando, para cada tubo, a sequência de reagentes utilizada e os resultados obtidos.

(Nota: o número de tubos indicado no quadro pode não corresponder exactamente à quantidade de tubos necessária para executar o protocolo experimental em questão).

Sequência de reagentes utilizada, condições da sua utilização e resultados obtidos.							
Cozimento de amido	Resultados finais obtidos
Tubo...							
Tubo...							
Tubo...							
Tubo...							

1.2. Indique, para cada tubo os resultados que obteve, interprete-os e mencione qualquer dado que considere significativo.

- () -----

- () -----

- () -----

1.3. O grupo deve elaborar o relatório do trabalho efectuado.

ANEXO 3

1º E 2º QUESTIONÁRIOS

ADMINISTRADOS

COMPILAÇÃO DAS RESPOSTAS

ELABORADAS PELOS ALUNOS

1º QUESTIONÁRIO

Este questionário diz respeito à utilização da expressão verbal na construção de conhecimento pelos alunos durante o trabalho experimental, em Técnicas Laboratoriais de Biologia I – TLBI.

As respostas às questões formuladas destinam-se unicamente ao trabalho de investigação. O questionário é anónimo e não contribui para a avaliação dos alunos.

A professora de TLBI agradece a colaboração dos alunos envolvidos e apela para a sua sinceridade na redacção das respostas, fundamental para o estudo deste tema.

Dados pessoais: Anos de idade Sexo: M - masculino; F – feminino.

1. Como gostaria que decorressem as suas aulas de TLBI para que fossem mais proveitosas? Justifique

2. Na sua opinião, com que objectivo são realizados os trabalhos experimentais?

3. Indique possíveis vantagens da realização destes trabalhos.

4. Indique possíveis desvantagens da realização destes trabalhos.

<p>Das perguntas 5 a 10 assinale com uma cruz a opção que considera mais adequada, para cada alínea.</p>

5. Durante a realização de um trabalho experimental :

	Sempre	Às vezes	Raramente	Nunca
a) Faz um plano do trabalho a realizar, antes de dar início ao trabalho prático.	?	?	?	?
b) Tira notas durante o trabalho prático.	?	?	?	?
c) Tira notas após o trabalho prático.	?	?	?	?
d) Escreve a sua interpretação pessoal de passos ou dados do trabalho que considera importantes.	?	?	?	?

6. No caso de ser habitual tirar notas durante o trabalho, estas referem-se :

	Sempre	Às vezes	Raramente	Nunca
a) Ao que vai observando.	?	?	?	?
b) Ao que os colegas vão dizendo.	?	?	?	?
c) Ao que a professora indicou.	?	?	?	?

7. Costuma discutir o trabalho com os seus colegas de grupo:

	Sempre	Às vezes	Raramente	Nunca
a) Na planificação inicial do trabalho prático.	?	?	?	?
b) Antes de dar início ao trabalho prático.	?	?	?	?
c) Durante a sua realização.	?	?	?	?
d) Após a sua realização.	?	?	?	?
e) Na elaboração do relatório final escrito.	?	?	?	?

8. Se discute o trabalho com os seus colegas de grupo, essa discussão diz respeito:

	Sempre	Às vezes	Raramente	Nunca
a) À definição do problema.	?	?	?	?
b) À determinação do objectivo do trabalho.	?	?	?	?
c) À identificação dos conceitos teóricos ligados ao problema.	?	?	?	?
d) Ao registo dos dados durante o trabalho.	?	?	?	?
e) À interpretação dos dados de acordo com o problema definido.	?	?	?	?
f) À elaboração das conclusões do trabalho.	?	?	?	?
g) À generalização do que aprendeu a outras situações.	?	?	?	?
h) A possíveis aplicações do que aprendeu no trabalho.	?	?	?	?

9. No final do trabalho escreve um relatório. Para isso, utiliza como recursos:

	Sempre	Às vezes	Raramente	Nunca
a) O protocolo experimental.	?	?	?	?
b) Outros textos de apoio.	?	?	?	?

10. No caso de utilizar outros textos de apoio, consulta:

	Sempre	Às vezes	Raramente	Nunca
a) O seu manual adoptado de TLBI ou de Ciências da Terra e da Vida – CTV.	?	?	?	?
b) As notas que foi registando durante o trabalho.	?	?	?	?
c) Outros manuais escolares.	?	?	?	?
d) Outros livros.	?	?	?	?

e) A Internet.

? ? ? ?

11. O que permitirá, segundo o seu ponto de vista, descrever mais fielmente o trabalho experimental ? Transcreva a alínea que considera mais adequada, justificando a sua opção.

- a) Um relatório final do trabalho realizado.
- b) Um registo pessoal do trabalho efectuado sem a preocupação de seguir as etapas da elaboração de um relatório.
- c) Um resumo do trabalho.
- d) Uma descrição objectiva do trabalho.

12. Das opções referidas na pergunta 11. indique aquela que, do seu ponto de vista, mais o incentiva a reflectir sobre o tema em estudo e lhe permite uma melhor aprendizagem. Justifique.

13. Na escrita do trabalho experimental o que considera ser :

- a) Mais fácil? Justifique.

- b) Mais difícil? Justifique.

2º QUESTIONÁRIO

A experiência que acumulou em TLBI, ao longo do ano, levou a que, provavelmente, modificasse a sua forma de compreender e de realizar o trabalho experimental. O objectivo deste questionário é conhecer o que pensa actualmente sobre o trabalho experimental.

As respostas às questões formuladas destinam-se unicamente ao trabalho de investigação. O questionário é anónimo e não contribui para a avaliação dos alunos.

A professora de TLBI agradece a colaboração dos alunos envolvidos e apela para a sua sinceridade na redacção das respostas, fundamental para o estudo deste tema.

Dados pessoais: Anos de idade

Sexo: M - masculino; F – feminino.

1. Como gostaria que decorressem as suas aulas de TLBI para que fossem mais proveitosas ? Justifique .-----

2. Na sua opinião, com que objectivos são realizados os trabalhos experimentais? -----

3. Indique possíveis vantagens da realização destes trabalhos-----

4. Indique possíveis desvantagens da realização destes trabalhos.-----

As alíneas das perguntas 5 a 10 dizem respeito a actividades desenvolvidas durante o trabalho experimental. Atribua a cada alínea o número da chave que considera mais adequado, de forma a que o seu trabalho experimental seja realizado da forma mais correcta possível.

CHAVE

- 1 – Sempre
- 2 – Algumas vezes
- 3 – Raras vezes
- 4 – Nunca

5. Durante a realização de um trabalho experimental deve-se :

- e) Fazer um plano do trabalho a realizar, antes de dar início ao trabalho prático.
- f) Tirar notas durante o trabalho prático.
- g) Tirar notas após o trabalho prático.
- h) Escrever a sua interpretação pessoal de passos ou dados do trabalho que considera importantes.
- i) Outros: -----

1	2	3	4

1	2	3	4

1	2	3	4

1	2	3	4

1	2	3	4

6. As notas tiradas durante o trabalho devem referir-se

- d) Ao que vai observando.
- e) Ao que os colegas vão dizendo.
- f) Ao que a professora indicou.
- g) Outros:-----

1	2	3	4

1	2	3	4

1	2	3	4

1	2	3	4

7. A discussão do trabalho com os seus colegas de grupo deve ser feita:

- f) Na planificação inicial do trabalho prático.
- g) Antes de dar início ao trabalho prático.
- h) Durante a sua realização.
- i) Após a sua realização.
- j) Na elaboração do relatório final escrito.

1	2	3	4

1	2	3	4

1	2	3	4

1	2	3	4

1	2	3	4

k) Outros:-----

1	2	3	4

8. A discussão com os seus colegas de grupo deve dizer respeito :

i) À definição do problema.

1	2	3	4

j) À determinação do objectivo do trabalho.

1	2	3	4

k) À identificação dos conceitos teóricos ligados ao problema.

1	2	3	4

l) Ao registo dos dados durante o trabalho.

1	2	3	4

m) À interpretação dos dados de acordo com o problema definido.

1	2	3	4

n) À elaboração das conclusões do trabalho.

1	2	3	4

o) À generalização do que aprendeu a outras situações.

1	2	3	4

p) Às possíveis aplicações do que aprendeu no trabalho.

1	2	3	4

q) Outros:-----

1	2	3	4

9. Comente a seguinte frase: perguntas orientadas podem permitir uma construção de conhecimento pelos alunos em trabalho experimental.-----

COMPILAÇÃO DAS RESPOSTAS DOS ALUNOS AO 1º QUESTIONÁRIO

Para facilitar o tratamento dos dados, foi atribuído um número aleatório a cada questionário respondido. As respostas às perguntas abertas apresentam-se numeradas de acordo com o número aleatório atribuído.

1. Como gostaria que decorressem as suas aulas de TLBI para que fossem mais proveitosas ? Justifique

1.acho que as aulas seriam mais proveitosas se o os alunos tivessem mais autonomia, porque aprenderiam um método de trabalho próprio mais rapidamente, é claro que o apoio do professor na planificação dos trabalhos.

2.gostaria que decorresse de uma forma mais organizada.

3.

4. um pouco mais calmas uma vez que às vezes a prof vai um pouco depressa de mais e não consigo acompanhar muito bem a matéria. deveria ter acesso a mais material de apoio, nomeadamente fotocópias com esquemas sobre a matéria e até informações maios detalhada.

5.gostaria que as minhas aulas fossem mais organizadas, isto é, a prof podia dar um género de esquema sobre uma dada matéria e depois faríamos o trabalho que comprovasse a teoria, não nos perdendo, assim, por vezes na matéria, e sabendo sempre o que estávamos a fazer.

6.Antes de um trabalho experimental a prof devia fazer um esquema com dados para ajudar os alunos a organizarem todos os passos do trabalho e perceberem o que está a ser feito, ou qual o objectivo do trabalho, quanto à parte teórica apenas, deveria fazer com os alunos uma síntese de conhecimento.

7.deveriam ter as tarefas mais divididas e talvez devessem participar todos e não só alguns.

8.Ver slides e vídeo é menos cansativo para o prof e para o aluno é mais proveitoso.

9.agora estão razoáveis pois estão mais organizadas em termos de matéria teórica, no princípio esta parte era muito baralhada.

10.

11.a prof podia no início da matéria sintetizar a matéria que vai ser dada, seguindo a ordem apresentada no esquema. Isto apenas ajudará os alunos a fazer uma sequência lógica da matéria dada.

12. acho que os alunos deviam ser incentivados a trabalhar sozinhos tendo eles mesmos que saber como proceder tornando-se mais autónomos.

13. Gostaria que se fizessem mais sínteses sobre os temas em estudo para ficarmos com a matéria mais organizada e simplificada.
14. gostaria que se fizessem mais sínteses da matéria.
15. acho que são o suficiente para conseguirmos compreender e aproveitar as aulas
16. com mais trabalhos experimentais, porque é mais divertido e se percebe melhor.
17. quando iniciamos novos temas, devemos começar pela parte teórica e quando isso acontece a prof deve levar os conceitos do princípio até ao fim de um modo mais organizado e apenas depois realizarmos os trabalhos práticos. Nas últimas aulas tenho sentido mais facilidade em perceber os conteúdos porque a professora tem seguido uma ordem ao planificar a matéria.

2. Na sua opinião, com que objectivo são realizados os trabalhos experimentais?

1. Têm um fim essencialmente didáctico, mas ao mesmo tempo lúdico, o que ajuda a aprender.
2. com o objectivo de ensinar a manusear o material e aprender técnicas.
3. para provar as teorias que vêm descritas nos manuais escolares e para desenvolver destreza no manuseamento de diferentes objectos.
4. penso que os t.e. servem para exemplificar/explicar melhor a matéria e são também uma forma de consolidar conhecimentos.
5. com o objectivo de se comprovar a prática e testar algumas substâncias em que são desconhecidos os resultados.
6. para que os alunos, após terem dado a matéria teórica possam esclarecer algumas dúvidas teóricas através dos trabalhos experimentais.
7. para ver se perceberam o que foi dado em teórica.
- 8.
9. para uma maior compreensão da matéria estudada.
10. com o objectivo de o aluno estar mais perto da realidade e para ter uma melhor compreensão sobre a matéria.
11. os t.e são o outro lado da “matéria” da aula. Acho que o seu objectivo é dar ao aluno a oportunidade de verificar praticamente algo que aprendeu teoricamente. Também podem ser realizados com o objectivo de facilitar o estudo pois ajudam a relacionar a prática/teórica e a perceber melhor a matéria. estes trabalhos ajudam o aluno a interessar-se pela disciplina e a matéria e, por outro lado, promovem o trabalho de equipa – melhoria de relacionamento professor aluno e de recriar um ambiente de trabalho e desenvolvimento da responsabilidade necessária no futuro.
12. com o objectivo de proporcionar uma melhor aprendizagem a nível prático e capacidade de observação e crítica.

13. ajudam o aluno a perceber melhor observando os resultados.
14. para perceber melhor a matéria.
- 15 talvez, como os alunos gostam mais de trabalhar em laboratório, dê mais proveito à aula e ao próprio aluno.
16. para perceber melhor e para ver o que acontece na experiência.
17. para os alunos ficarem com uma demonstração prática dos elementos teóricos previamente estudados.

3. Indique possíveis vantagens da realização destes trabalhos.

- 1.a assimilação mais rápida da matéria e também o gosto pela área em estudo.
2. mais prática, mais melhor conhecimento adquirido.
3. possibilidade de um contacto mais próximo com o material laboratorial e com diferentes técnicas possíveis com a sua utilização. Importante formação técnica de base que pode servir para estudos mais avançados, como acontece nas universidades.
4. ajuda a consolidar conhecimentos e a ter uma ideia “**mais real**” do que se passa, tal como já referi.
5. podemos comprovar a teoria e ficar com mais interesse pela matéria, “brincando” um pouco com ela. Também nos familiarizamos com os materiais de laboratório, o que pode ser útil em profissões futuras.
6. motivar os alunos para a disciplina, e no fim ao elaborar o relatório possam adquirir todos os conhecimentos essenciais desta matéria.
7. tentar saber como se faz certas coisas que se dá na teórica.
- 8.
- 9.conseguir captar a atenção dos alunos pelas aulas e matéria dada.
10. para os alunos estarem mais motivados porque se fossem sempre aulas teóricas os alunos fartavam-se.
- 11.a realização de t.e. é muito proveitosa para o aluno, pois permite-nos verificar praticamente aquilo que aprendemos na teoria. É outra maneira de aprender algo e penso que, na opinião da maioria dos alunos é preferível aprendermos com os trabalhos experimentais em de **apenas** com a teoria. Além de ser diferente das outras aulas, os resultados obtidos são fruto de um trabalho nosso, em que a nossa intervenção é fundamental por outro lado podemos comprovar com provas aquilo que nos é ensinado, o que na minha opinião, deve ser essencial para muitos alunos do científico-natural todos os objectivos apresentados na questão anterior são vantagens.
12. a mesma da resposta anterior.

13. Para o aluno compreender melhor pela realização e observação do trabalho e dos resultados que obtém.

14. para sabermos como as coisas funcionam

15. uma melhor compreensão da matéria dada, mais interesse por parte dos alunos.

16. os alunos que percebem menos podem ficar a perceber melhor as coisas.

17. aplicamos os conceitos estudados e obriga-nos a pensar no problema teórico antes de iniciar a prática do mesmo/ interpretar os resultados obtidos.

4. Indique possíveis desvantagens da realização destes trabalhos

1. desleixo dos alunos quanto à parte teórica.

2. ,7,9, 10, 13, 16. não encontro.

3.gasto do material laboratorial.

4. , 14, por vezes, podem confundir-nos um pouco mais.

5. por vezes estes trabalhos, pela forma rápida como são realizados e interligados deixam os alunos um pouco confusos.

6. apenas danos materiais.

8.

11. com a preocupação de realizar os trabalhos pode não se dar tanta importância à teórica.

12. pode haver desvantagens quando os alunos não têm interesse.

15. talvez os alunos mais brincalhões se distraiam mais.

17. Por vezes torna-se mais difícil entender a realização desses trabalhos quando os fazemos antes de dar a parte teórica do tema.

5. Durante a realização de um trabalho experimental :	Sempre		Às vezes		Raramente		Nunca		Omissos	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
a) Faz um plano do trabalho a realizar, antes de dar início ao trabalho prático.	5	23,8	11	52,4	0	0	1	4,8	4	19
b) Tira notas durante o trabalho prático.	12	57	5	23,8	0	0	0	0	“	“
c) Tira notas após o trabalho prático.	8	38,1	8	38,1	1	4,8	0	0	“	“
d) Escreve a sua interpretação pessoal de passos ou dados do trabalho que considera importantes.	3	14,3	11	52,4	1	4,8	2	9,5	“	“

6. No caso de ser habitual tirar notas durante o trabalho, estas referem-se :	Sempre		Às vezes		Raramente		Nunca		Omissos	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
a) Ao que vai observando.	15	71,4	2	9,5	0	0	0	0	4	19
b) Ao que os colegas vão dizendo.	1	4,8	12	57,1	3	14,3	1	4,8	“	“
c) Ao que a professora indicou.	9	42,9	8	38,1	0	0	0	0	“	“

7. Costuma discutir o trabalho com os seus colegas de grupo:	Sempre		Às vezes		Raramente		Nunca		Omissos	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
a) Na planificação inicial do trabalho prático.	8	38,1	6	28,6	3*	14,3	0	0	4	19
b) Antes de dar início ao trabalho prático.	5	23,8	9	42,9	3	14,3	0	0	“	“
c) Durante a sua realização.	11	52,4	4	19	2	9,5	0	0	“	“
d) Após a sua realização.	7	38,1	7	38,1	2	9,5	1	4,8	“	“
e) Na elaboração do relatório final escrito.	12	57,1	4	19	1*	4,8	0	0	“	“

8. Se discute o trabalho com os seus colegas de grupo, essa discussão diz respeito:	Sempre		Às vezes		Raramente		Nunca		Omissos	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
a) À definição do problema.	5	23,8	8	38,1	3	14,3	1	4,8	4	19
b) À determinação do objectivo do trabalho.	9	42,9	7	33,3	1	4,8	0	0	“	“
c) À identificação dos conceitos teóricos ligados ao problema.	4	19	10	47,6	3	14,3	0	0	“	“
d) Ao registo dos dados durante o trabalho.	8	38,1	5	23,8	3	14,3	1	4,8	“	“
e) À interpretação dos dados de acordo com o problema definido.	8	38,1	7	33,3	2	9,5	0	0	“	“
f) À elaboração das conclusões do trabalho.	10	47,6	4	19	3	14,3	0	0	“	“
g) À generalização do que aprendeu a outras situações.	0	0	8	38,1	8	38,1	1	4,8	“	“
h) A possíveis aplicações do que aprendeu no trabalho.	2	9,5	5	23,8	9	42,9	1	4,8	“	“

9. No final do trabalho escreve um relatório. Para isso, utiliza como recursos:	Sempre		Às vezes		Raramente		Nunca		Omissos	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
a) O protocolo experimental.	15	71,4	2	9,5	0	0	0	0	4	19
b) Outros textos de apoio.	13	61,9	4	19	0	0	0	0	“	“

10. No caso de utilizar outros textos de apoio, consulta:	Sempre		Às vezes		Raramente		Nunca		Omissos	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
a) O seu manual adoptado de TLBI ou de Ciências da Terra e da Vida – CTV.	14	66,6	3	14,3	0	0	0	0	4	19
b) As notas que foi registando durante o trabalho.	16	76,1	1	4,8	0	0	0	0	“	“
c) Outros manuais escolares.	5	23,8	7	33,3	3	14,3	2	9,5	“	“
d) Outros livros.	3	14,3	7	33,3	6	28,6	1	4,8	“	“
e) A Internet.	0	0	5	23,8	4	19	8	38,1	“	“

11. O que permitirá, segundo o seu ponto de vista, descrever mais fielmente o trabalho experimental ? Transcreva a alínea que considera mais adequada, justificando a sua opção.

- a) Um relatório final do trabalho realizado.
- b) Um registo pessoal do trabalho efectuado sem a preocupação de seguir as etapas da elaboração de um relatório.
- c) Um resumo do trabalho.
- d) Uma descrição objectiva do trabalho.

a) 12 respostas	<p>Porque é o mais completo – 1,1</p> <p>É o mais completo e organizado – 1</p> <p>Descreve-se os passos todos direitinhos de como o trabalho foi realizado – 1</p> <p>Porque se escreve tudo o que se deu e assim se aprende - 1</p> <p>Regista ponto a ponto o trabalho feito na aula prática – 1</p> <p>Há um registo específico daquilo que foi feito e os resultados obtidos. É algo elaborado nos objectivos. <u>Com a sua leitura, qualquer pessoa poderá repetir o trabalho e compreender os resultados obtidos.</u> - 1</p> <p>Porque descreve os pontos mais importantes e decisivos do trabalho, pois, se <u>existir um erro podemos ver o motivo desse mesmo erro</u> – 1</p>
------------------------	---

	<p>Porque é uma descrição objectiva do trabalho , envolve objectivos como conclusão e discussão de resultados, que permitem a um leitor integrar-se dentro do assunto com mais facilidade – 1</p> <p>Pois obriga-nos a tomar em atenção todos os aspectos teóricos e práticos do tema - 1</p> <p>Porque nos obriga a pesquisar outros livros e aperceber melhor a matéria – 1</p>
b) 1 resposta	Porque requer a atenção do aluno ao trabalho efectuado e descreve os conhecimentos do aluno -1
c) 1 resposta	Porque vamos dar tudo resumido, na prática - 1
d) 2 respostas	<p>Porque se se descrever bem o trabalho, este será mais preciso e permitirá que se tenha uma ideia mais parecida com a realidade.</p> <p>É mais fácil expor algumas ideias oralmente, do que num rigoroso relatório.</p> <p>Apesar disso o relatório continua a ser importante.</p>
Outros: 1 resposta	Não posso transcrever uma alínea , pois penso que todas elas são boas conforme as situações. Há situações em que é mais adequado fazer a alínea b do que a alínea a, mas há situações em que sucede o contrário, assim como com as restantes alíneas.

12. Das opções referidas na pergunta 11. indique aquela que, do seu ponto de vista, mais o incentiva a reflectir sobre o tema em estudo e lhe permite uma melhor aprendizagem. Justifique.

a) 3 respostas	<p>Porque ao fazermos o relatório temos que recordar e saber tudo o que foi dado – 1</p> <p>É algo elaborado exclusivamente pelos alunos, logo é necessário uma compreensão global da matéria para elaborar um relatório objectivo, facilitando a aprendizagem–1</p> <p>Porque de todas as alíneas, é o que contém todos os pontos de um trabalho experimental, obrigando o aluno a reflectir sobre toda a matéria e os respectivos resultados para verificar se a teoria se revela na prática –1.</p>
b) 3 respostas	<p>Porque melhor me permite reflectir sobre o tema, pois ao fazer o meu próprio registo obriga-me a pensar qual o objectivo do trabalho e a interpretar resultados– 1.</p> <p>Pois obriga uma pessoa a compreender aquilo que realmente fez e assim também ajuda o aluno a compreender melhor as suas dúvidas e a tentar esclarecê-las – 1.</p> <p>Porque é a maneira como criamos diversos textos, conforme as matérias, em que</p>

	nos é mais fácil compreender as informações pois fomos nós próprios que as redigimos e à nossa maneira – 1.
c) 5 respostas	<p>Porque assim temos o que é necessário mais resumidamente para estudar – 1</p> <p>Porque faz parte do meu método de trabalho – 1.</p> <p>Porque se faz um resumo da matéria e assim se volta a ler tudo e se aprende - 1</p> <p>Pois é mais pequeno do que um relatório e só contém o que é importante - 1</p> <p>Porque nos obriga a reflectir sobre o trabalho - 1</p>
d) 4 respostas	<p>Possibilidade de exposição mais rica de ideias – 1</p> <p>Porque faz com que eu tenha que ligar as ideias e permite um maior desenvolvimento do raciocínio para saber qual o objectivo do trabalho – 1</p> <p>Passamos a ter os pontos principais, vamos reflectir e aprofundar mais o tema em estudo –1.</p> <p>Porque, por vezes, torna-se um pouco complicado encadear todas as ideias importantes do trabalho experimental. Penso que, após a realização destes trabalhos devíamos reunir todos os aspectos mais relevantes por fim é quando é mais necessário ter apontamentos sobre esses itens –1</p>
Outros: 2 respostas	Não responderam, tendo um deles escrito: não sei.

13. Na escrita do trabalho experimental o que considera ser :

a) Mais fácil? Justifique.

	<p>1. Uma crítica porque gosto de resumir o trabalho feito e de criticar o meu trabalho – 1</p> <p>2. O protocolo e os resultados, porque muitas vezes está no livro (o protocolo) e então, aponta-se logo que a experiência acaba (os resultados).</p> <p>3. a redacção do texto</p> <p>4. material a utilizar, procedimentos e resultados obtidos. os dois primeiros são-nos fornecidos e <u>os resultados são apenas aquilo que uma pessoa observa</u>.</p> <p>5. penso que o mais fácil quando registo um trabalho experimental é apontar o que cada um dos tubos contém, bastando para isso estar atenta durante a realização do trabalho.</p> <p>6. material e procedimentos e, conforme adquirimos conhecimentos teóricos, a</p>
--	--

	<p>introdução teórica também se torna mais fácil. Estes são partes escritas em que o aluno descreve e faz pesquisas para a introdução, o que acho bom, porque gosto de pesquisar noutros livros.</p> <p>7. os exemplos e os quadros, porque basta procurar no livro e interpretá-los.</p> <p>8.</p> <p>9. protocolo experimental, introdução, resultados, não sei explicar porquê, é mais fácil, mas é onde tenho menos dificuldades.</p> <p>10. O protocolo experimental porque é uma fase que os alunos melhor percebem.</p> <p>11. é mais fácil elaborar a introdução teórica , pois é só uma questão de sintetizar os pontos mais importantes da matéria teórica. Mas o <u>que é mais interessante é a descrição da prática (procedimento) após ter percebido a ordem e o porquê dos vários passos efectuados.</u></p> <p>12. o protocolo experimental, porque se refere apenas à descrição dos passos seguidos.</p> <p>13. descrever o protocolo. Basta escrever passo a passo o que se faz durante o trabalho experimental.</p> <p>14. o material e o protocolo, porque como elaboramos o trabalho sabemos o material que usamos e a maneira que procedemos.</p> <p>15. uma introdução teórica da matéria.</p> <p>16. não sei</p> <p>17. protocolo experimental pois normalmente já possuímos um idêntico no manual da disciplina e também porque com a realização experimental “decoramos” os passos, tornando mais fácil redigi-los.</p>
--	--

b) Mais difícil? Justifique.

	<p>1. Conclusão, porque nem sempre consigo fazer</p> <p>2. a discussão, porque muitas vezes não sei o que escrever.</p> <p>3. organização de ideias, previamente à elaboração do relatório, porque, por vezes, são tantas as informações que se torna difícil a organização.</p> <p>4. a introdução teórica e a conclusão. A introdução pois requer uma compreensão global da matéria em estudo. A conclusão pois envolve a questão se a finalidade do trabalho foi ou não cumprida e se entendemos o que se passou o que por vezes é complicado.</p>
--	---

	<p>5. Penso que o mais difícil quando registo um trabalho experimental é interpretar resultados, <u>pois para isso temos que saber bem o que deveria ou não dar, o que por vezes não acontece.</u></p> <p>6. acho mais difícil interpretar resultados e conclusões acerca do trabalho, porque, muitas vezes, nós alunos temos muitas dificuldades de relacionar e interpretar resultados.</p> <p>7. A conclusão porque temos que dizer tudo o que obtemos com aquele trabalho.</p> <p>8.</p> <p>9. <u>conclusão pois, às vezes não sei o que escrever que conclusão tirei.</u></p> <p>10. os resultados. Porque o trabalho deve ser feito de uma forma certa para os resultados coincidirem com o previsto.</p> <p>11. <u>a elaboração da conclusão devido a certa dificuldade em esquematizar mentalmente a ordem, o porquê e quais os reagentes a aplicar nos diferentes tubos.</u></p> <p>12.</p> <p>13. chegar a uma conclusão. Porque nem sempre obtemos resultados que nos permitam tirar conclusões.</p> <p>14. a conclusão, porque, por vezes não percebemos qual o objectivo do trabalho.</p> <p>15. talvez encontrar uma crítica para o trabalho ou uma conclusão tenho dificuldade em elaborá-las.</p> <p>16. não sei.</p> <p>17. introdução teórica sobre o tema pois temos que aplicar e reunir todos os conceitos adquiridos sobre o objecto em estudo.</p>
--	---

COMPILAÇÃO DAS RESPOSTAS DOS ALUNOS AO 2º QUESTIONÁRIO

1. Como gostaria que decorressem as suas aulas de TLBI para que fossem mais proveitosas ? Justifique.

1. Gostaria que a matéria teórica fosse acompanhada com os trabalhos práticos logo de seguida, pois havia um melhor aproveitamento

2. que fossem aulas mais debatidas

3. com a realização de mais trabalhos experimentais e menos matéria dada na aula, porque assim obrigamos a conjugarmos a actividade com o que estudamos em casa.

4. e 5. gostaria que decorressem como os últimos trabalhos realizados, porque exigiram mais aplicação e raciocínio e por isso aprendemos muito mais.

6. talvez se a professora ao entregar o trabalho experimental para nós executar-mos explica-se mais nitidamente em que ele consiste.

7. Como as aulas foram dadas todo o ano foram bastante proveitosas, na minha opinião

9. para as aulas de TLBI serem mais proveitosas devíamos de analisar mais vezes o livro de TLBI. A professora devia entregar fotocópias da matéria dada.

10. deveriam ser menos teóricas e mais práticas para ver se percebemos o que demos em teórica.

11. as aulas melhoraram muito pois estão mais organizadas.

12. Exactamente como decorreram as aulas do 3º período. Baseado essencialmente na prática, com dados para apoio e o grau de dificuldade ir aumentando. O facto de sermos nós a realizar o trabalho do início até ao fim é muito proveitoso pois permite uma melhor aprendizagem.

13. Da maneira como correram os últimos trabalhos ou seja com mais liberdade para os alunos pensarem por si.

14. Penso que neste último período as aulas foram mais proveitosas do que nos outros dois períodos. Ao obrigar-nos a pensar e a raciocinar fez com que ficássemos a entender e encadeássemos os fenómenos. Mas apesar destas últimas aulas serem muito proveitosas, deram também muito trabalho, pelo que penso que deveria ser adoptado um método mais fácil.

15. gostaria que fizéssemos mais trabalhos, tais como, o último das enzimas pois somos nós que temos de construir o problema de início.

16. gostaria que as aulas decorressem de uma forma planeada e organizada.

17. Mais trabalhos práticos, minimamente controlados pela professora, dando mais liberdade aos alunos para pensar e sobretudo, concluir aprendendo de uma maneira mais rápida e eficiente a matéria a dar.

18. acho que as aulas deveriam ter mais trabalhos deste género, para obrigar os alunos a pensar e a pesquisar outros manuais.

19. como demoro algum tempo a assimilar e a compreender a matéria penso que as aulas

deveriam decorrer mais lentamente, ou seja, penso que a matéria deveria ser mais trabalhada e sem pressas. deste modo os trabalhos experimentais seriam mais proveitosos relativamente às conclusões tiradas.

20. a meu ver, ao longo do ano tive várias dificuldades em ligar a matéria. Acho essencial o professor, no final de cada capítulo, fazer um esquema ou uma síntese com os alunos, para que exponham as dificuldades e possam tirar dúvidas.

21. a matéria deveria ser melhor estruturada e devíamos ter mais apontamentos no caderno sobre a matéria dada, pois como as aulas são dadas muito depressa não temos muito tempo e se tivéssemos apontamentos e as ideias estruturadas era outro meio por onde podíamos estudar.

2. Na sua opinião, com que objectivos são realizados os trabalhos experimentais?

1. Com o objectivo de uma melhor compreensão da matéria, e para saber como as coisas acontecem na prática 2. na minha opinião os trabalhos experimentais têm como objectivo perceber e estruturar melhor a matéria.

3. No âmbito de aperfeiçoar a técnica no manuseamento de laboratório.

4. e 5. O objectivo é dar solução a um problema e saber como e o quê? Que se deve fazer para obter resultados práticos e verdadeiros.

6. com o objectivo de pesquisar-mos, ir buscar bases a outros livros.

7. Para uma melhor compreensão da matéria que está a ser dada.

8. para que um aluno esteja em contacto com a parte mais pequena da vida e perceber melhor as várias transformações que ocorrem nos seres vivos.

9. observar o que realmente acontece ao adicionarmos um determinado reagente.

Tentar compreender melhor o que demos em teórica e pôr essa matéria em prática.

11. cativar a atenção dos alunos e para que estes percebam melhor a matéria.

12. permite que os alunos tenham um contacto directo, que realizem eles próprios os trabalhos práticos, percebendo exactamente porquê e como fizeram todos os passos.

13. No sentido da aprendizagem decorrer, em vez de recorrendo ao próprio estudo teórico, observando com os próprios olhos as coisas acontecerem.

14. em minha opinião os trabalhos experimentais são realizados com o objectivo de se estudar fenómenos que, na maioria das vezes, ocorrem microscopicamente e por isso não reparamos neles e também para vermos onde se apoia a teoria estudada.

15. para que nós sejamos obrigados a reflectir no problema em estudo.

16. com o objectivo de ensinar os alunos a ter autonomia em termos de pensamento, ou seja com o objectivos de pôr os alunos a pensar por si próprios sem interferências.

17. de uma forma talvez lúdica e ao mesmo tempo séria, aprender as matérias. E como é óbvio

trabalhar melhor no campo prático.

18. o objectivo do trabalho foi desenvolver o raciocínio dos alunos e testar a capacidade de cada um no decorrer dos trabalhos.

19. os trabalhos experimentais são realizados para que os alunos possam compreender melhor a matéria teórica e também para que consigam relacionar conceitos diferentes aprendidos em conceitos anteriores.

20. para que os alunos, após terem dado a matéria teórica possam consolidar a matéria através do método experimental e é também e é também uma forma de cativar os alunos para a disciplina.

21. com o objectivo de podermos observar o que ocorre em cada trabalho.

3. Indique possíveis vantagens da realização destes trabalhos

1. Uma melhor compreensão da matéria teórica

2.adquirir uma grande prática no manuseamento do material e para melhor compreensão da matéria.

3.desenvolve a nossa capacidade de raciocínio entre o trabalho e a teoria.

4. e 5.obtemos mais informação e aprendemos com mais rigorosidade e mais divertimento do que nas aulas teóricas.

6. obriga-nos a pesquisar.

7. uma melhor compreensão desse trabalho e aprender o manuseamento do material.

8.estar mais perto da realidade das experiências.

9. manusear melhor o material, conhecer os reagentes.

10. tentar-mos fazer sozinhos e tentar proceder de forma correcta.

11. cativar a atenção dos alunos e para que estes percebam melhor a matéria.

12. os trabalhos desenvolvem a capacidade de raciocínio, de trabalho de grupo e, o mais importante, os alunos percebem o que estão a fazer.

13. estruturação das ideias de forma mais sólida.

14. fazem com que encadeemos os fenómenos e assim os entendamos mais facilmente.

15. ajuda-nos a compreender melhor dados teóricos e a formular o problema integralmente.

16. os alunos ganham autonomia

17. melhorar a facção prática da disciplina e aprender a matéria.

18. verificar se os alunos conseguiram desenvolver o trabalho em laboratório e desenvolver as capacidades de raciocinar sozinho.

19. melhor compreensão da matéria teórica e estimulam o raciocínio.

20. na minha opinião é mais fácil consolidar a matéria por via experimental do que teórica, por

isso estes trabalhos são bastantes proveitosos e obrigam-me a trabalhar.

21. para aprofundar melhor a matéria em estudo e ajudar a perceber melhor.

4. Indique possíveis desvantagens da realização destes trabalhos.

1. Na minha opinião não há grandes desvantagens, mas, por vezes, pode confundir

2, 7, 9, 10, 14, 16, 20, 21. não há desvantagens

3. gasto de material, confraternização excessiva na aula.

4. e 5. as desvantagens é: quando se realiza um trabalho experimental e corra mal, terá que se repetir o trabalho para obter resultados práticos (ex. o trabalho nº1 deste período).

6. fiquei com muitas duvidas devido à definição do problema e aos objectivos

8. os perigos possíveis da realização do trabalho.

11. talvez os alunos mais brincalhões se distraiam mais.

12. Acho que não há desvantagens. É claro que dá muito trabalho, como por exemplo no 3º período mas vale a pena.

13. caso os alunos não colaborem as aulas podem tornar-se uma balbúrdia.

15. quando alguma coisa na prática corre mal, por vezes ficamos confundidos, tentamos encontrar explicações para os erros.

17. o excesso de liberdade pode vir a proporcionar conclusões erradas.

18. pelo contrário, obrigou-nos a pensar.

19. às vezes podem baralhar um pouco mais os alunos.

8. ter uma participação mais activa e realizar mais trabalhos práticos

desenvolvidas durante o trabalho experimental. Atribua a cada alínea o número da chave que considera mais adequado, de forma a que o seu trabalho experimental seja realizado da forma mais correcta possível.

1 – Sempre
2 – Algumas vezes
3 – Raras vezes
4 – Nunca

5. Durante a realização de um trabalho experimental deve-se :	Sempre		Algumas vezes		Raramente		Nunca		Omissos	
	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%
a) Fazer um plano do trabalho a realizar, antes de dar início ao trabalho prático.	19	90,5	2	9,5	0	0	0	0	0	0
b) Tirar notas durante o trabalho prático.	15	71,4	5	23,8	1	4,8	0	0	0	0
c) Tirar notas após o trabalho prático.	7	33,3	12	57,1	1	4,8	1	4,8	0	0
d) Escrever a sua interpretação pessoal de passos ou dados do trabalho que considera importantes.	3	14,3	11	52,4	7	33,3	0	0	0	0
e) Outros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

6. As notas tiradas durante o trabalho devem referir-se:	Sempre		Algumas vezes		Raramente		Nunca		Omissos	
	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%
a) Ao que vai observando.	14	66,6	7	33,3	0	0	0	0	0	0
b) Ao que os colegas vão dizendo.	0	0	11	52,4	7	33,3	3	14,3	0	0
c) Ao que a professora indicou.	11	52,4	9	42,8	1	4,8	0	0	0	0
d) Outros: Tirar (notas sobre) o procedimento e os resultados.	1	4,8	0	0	0	0	0	0	0	0

7. A discussão do	Sempre	Algumas vezes	Raramente	Nunca	Omissos
-------------------	--------	---------------	-----------	-------	---------

trabalho com os seus colegas de grupo deve ser feita:	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%
a) Na planificação inicial do trabalho prático.	13	61,9	6	28,6	2	9,5	0	0	0	0
b) Antes de dar início ao trabalho prático.	13	61,9	6	28,6	3	14,3	0	0	0	0
c) Durante a sua realização.	5	23,8	9	42,9	6	28,6	1	4,8	0	0
d) Após a sua realização.	12	57,1	6	28,6	3	14,3	0	0	0	0
e) Na elaboração do relatório final escrito	13	61,9	5	23,8	1	4,8	2	9,5	0	0
f) Outros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

8. A discussão com os seus colegas de grupo deve dizer respeito :	Sempre		Algumas vezes		Raramente		Nunca		Omissos	
	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%	Nº de alunos	%
a) À definição do problema.	17	81	4	19	0	0	0	0	0	0
b) À determinação do objectivo do trabalho.	13	62	8	38	0	0	0	0	0	0
c) À identificação dos conceitos teóricos ligados ao problema.	10	47,6	11	52,4	0	0	0	0	0	0
d) Ao registo dos dados durante o trabalho.	6	28,6	11	52,4	4	19	0	0	0	0
e) À interpretação dos dados de acordo com o problema definido.	13	62	7	38,1	1	4,8	0	0	0	0
f) À elaboração das conclusões do trabalho	16	76,2	5	23,8	0	0	0	0	0	0
g) À generalização do que aprendeu a novas situações.	1	4,8	11	52,4	9	42,9	0	0	0	0
h) A possíveis aplicações do que aprendeu no trabalho.	6	28,6	11	52,4	4	19	0	0	0	0
i) Outros :Discutir os possíveis erros que ocorreram no trabalho prático.	1	4,8	0	0	0	0	0	0	0	0

9. Comente a seguinte frase: perguntas orientadas podem permitir uma construção de conhecimento pelos alunos em trabalho experimental.

As perguntas orientadas, e com uma sequência lógica, permite um melhor desenvolvimento do trabalho experimental e uma melhor compreensão da matéria teórica

2. através de perguntas orientadas o trabalho pode ser mais facilitado

3 4. e 5. as perguntas orientadas levam-nos a um só objectivo geral que nos orienta-nos na planificação e na construção do trabalho e do relatório.

6.as perguntas orientadas ajudam-nos a compreender o problema em causa

7.com essas perguntas podemos perceber muito melhor o trabalho experimental

8.esse tipo de perguntas, em condições normais levam a que o aluno compreenda melhor o trabalho se essas opiniões forem bem orientadas. O que levam a que o trabalho experimental seja elaborado de uma forma mais compreensiva.

9. Facilidade na realização do trabalho experimental se estiver orientado pelos professores.

11. pois se os alunos têm perguntas que os orientam resolvem, melhor o problema. Ajudam-nos na planificação do trabalho e na organização dos conhecimentos obtidos pois ficam mais estruturados e claros.

12. concordo plenamente com a afirmação e a prova é o que aconteceu durante este último período. Todas as perguntas fornecidas pela professora permitiram que os alunos pensassem a sério sobre o que estavam a fazer. Ao contrário dos outros trabalhos, nós tínhamos que elaborar tudo de início e eu percebi muito mais com o auxílio das perguntas

13. perguntas gerais podem fazer com que os alunos pensem e raciocinem por si sem recurso ao livro ou a preconceitos já adquiridos

14. concordo com a frase, pois se nos forem fornecidas perguntas podemos depreender muitas vezes qual o problema e qual o método a seguir. Assim, pelo género de perguntas podemos raciocinar e estas, colocadas numa ordem lógica, permitem-nos evoluir para chegar ao verdadeiro problema e assim, mais facilmente o resolver

15. com a ajuda de perguntas orientadas tais como as que a professora nos deu conseguimos mais facilmente ligar uns conceitos uns aos outros e a “construir” um determinado caminho a seguir para a identificação do problema.

16. perguntas orientadas fazem com que os alunos tenham uma melhor orientação para planificar o trabalho prático e até mesmo para ajudar a elaborar o relatório (no que diz respeito à introdução e à discussão dos resultados.)

17. as perguntas orientadas são proveitosas na medida em que os alunos sentem um apoio para aprender o necessário. Pois permite que os alunos sigam um pensamento lógico em todas as suas actividades principalmente as práticas. É então fundamental que a professora forneça perguntas de orientação.

18. obrigam-nos a pensar, para chegarmos ao problema do trabalho e tirarmos conclusão acerca dele. Deste modo ajuda-nos na realização do trabalho experimental.

19. penso que os alunos conseguem estruturar melhor o seu método de trabalho e também conseguem “tirar” conclusões “mais acertadas”, uma vez que estas perguntas não esquecem nenhum pormenor que seja fundamental para a compreensão do trabalho.

21. permite pois com as perguntas fornecidas podemos reflectir sobre os erros cometidos nos trabalhos experimentais, estruturar melhor as ideias e os métodos de proceder e obriga-nos a reflectir sobre a matéria e os resultados obtidos. pode ajudar na compreensão para as conclusões